Flohil, A.
1928.
Thesis
LEIDEN
LEIDEN
1928

VERGELIJKENDE RÖNTGENPHOTOGRAPHISCHE EN ELECTROCARDIOGRAPHISCHE ONDERZOEKINGEN

EN

OVER DE RICHTING EN DE MANIFESTE GROOTTE VAN HET RESULTEEREND POTENTIAALVERSCHIL IN EENIGE PATHOLOGISCHE HARTEN

A. FLOHIL.

VERGELIJKENDE RÖNTGENPHOTOGRAPHISCHE EN ELECTROCARDIOGRAPHISCHE ONDERZOEKINGEN

EN

OVER DE RICHTING EN DE MANIFESTE GROOTTE VAN HET RESULTEEREND POTENTIAALVERSCHIL IN EENIGE PATHOLOGISCHE HARTEN

VERGELIJKENDE RÖNTGENPHOTOGRAPHISCHE EN ELECTROCARDIOGRAPHISCHE ONDERZOEKINGEN

EN

OVER DE RICHTING EN DE MANIFESTE GROOTTE VAN HET RESULTEEREND POTENTIAALVERSCHIL IN EENIGE PATHOLOGISCHE HARTEN

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN DOCTOR IN DE GENEESKUNDE AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE LEIDEN OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS Dr. A. J. WENSINCK HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER LETTEREN EN WIJSBEGEERTE IN HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN OP VRIJDAG 6 JULI 1928 DES NAMIDDAGS TE 4 UUR

DOOR

ADRIANUS FLOHIL

GEBOREN TE ZOETERMEER

DRUKKERIJ PIER WESTERBAAN — 's-GRAVENHAGE

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/vergelijkenderon0000adri

Aan mijn Vrouw
en mijn Dochtertje.

Het onderzoek, dat in dit proefschrift beschreven wordt, is onder leiding van Prof. W. Einthoven in zijn laboratorium verricht. Verschillende omstandigheden vertraagden het afwerken der dissertatie, zoodat zij eerst nu, na den dood van mijn betreurden leermeester, verschijnt. Voor de voorlichting en de belangstelling, die ik in zoo ruime mate bij het bewerken van mijn proefschrift ondervond, zal ik Prof. Einthoven steeds oprecht dankbaar blijven.

Zeer erkentelijk gedenk ik de jaren, die ik als assistent in het Physiologisch Laboratorium heb doorgebracht. Nog dagelijks bemerk ik den invloed van dien tijd van zuiver wetenschappelijk werken op mijn denken en handelen als practiseerend geneeskundige.

Prof. W. A. Kuenen, die zich terstond bereid verklaarde mijn promotor te willen zijn, bedank ik ten zeerste voor zijn bereidwilligheid.

Eveneens Dr. S. Hoogerwerf, van wien ik menigen goeden raad ontving en die op zoo uitnemende wijze zorg droeg voor de vervaardiging der cliché-photo's.

Woorden van dank komen toe aan den Conservator van het Laboratorium Dr. F. L. Bergansius en de Oud-Assistenten, de collega's F. W. N. Hugenholtz en Dr. C. A. H. Waar voor de hulp die zij verleenden bij het verrichten van mijn proeven.

Gaarne gebruik ik de gelegenheid, die het verschijnen dezer dissertatie mij geeft, om de Oud-Hoogleeraren, Hoogleeraren, Lectoren en Privaat-Docenten van de Medische en Philosophische Faculteit te bedanken voor hun onderricht.

INHOUD.

EERSTE GEDEELTE.

RÖNTGENPHOTOGRAPHISCH ONDERZOEK.

HOOFDSTUK I.

blz.

INLEIDING 1

HOOFDSTUK II.

METHODE DER MOMENTPHOTOGRAPHIE

A. Het registreeren van het Ekg. 5
B. De registratie van het pneumogram. 6
C. De Röntgentechniek 8
D. Het zichtbaar maken van de hartpunt. . . . 9

HOOFDSTUK III.

INVLOED VAN DE PHASE DER HARTSPERIODE 11

HOOFDSTUK IV.

INVLOED VAN DE PHASE DER ADEMBEWEGING 18

TWEEDE GEDEELTE.

ELECTROCARDIOGRAPHISCH ONDERZOEK.

HOOFDSTUK I.

blz.

INLEIDING 24
FIGUREN 13—20 26

HOOFDSTUK II.

α EN E BIJ HET NORMALE EKG. 31
A. P-top 32
B. QRS-groep 34
C. T-top 39

HOOFDSTUK III.

INVLOED VAN DE VERDIEPTE ADEMBEWEGING 41

HOOFDSTUK IV.

GELIJKTIJDIG GEREGISTREERDE EKGEN IN EENIGE PATHOLOGISCHE GEVALLEN . . 52
GRAPHISCHE VOORSTELLING, FIGUREN 43—44 58

HOOFDSTUK V.

SAMENVATTING. 63

TABEL 67

EERSTE GEDEELTE.

Röntgenphotographisch onderzoek.

HOOFDSTUK I.

Inleiding.

De contracties van het hart, de verplaatsingen, die het hart ondergaat tengevolge van de bewegingen van het middenrif bij de ademhaling, veranderen onophoudelijk den vorm van de hartschaduw in het Röntgenbeeld. Ook is de omvang der schaduw niet constant, daar de grootte van het hart onder verschillende omstandigheden, bijv. bij wisselende frequentie, wordt gewijzigd. Voor de juiste beoordeeling van een Röntgenphoto is het daarom noodzakelijk de phase van de hartsperiode en van de ademhaling en de frequentie van den hartslag te kennen op het oogenblik dat het photogram genomen werd. Het spreekt van zelf, dat men te dien einde alleen kort durende verlichtingen kan aanwenden.

Om het hart in een bepaalde phase van de hartsperiode te photographeeren, oriënteerden *v. Korányi* en *v. Elischer*, *Eijkman*, *Huismans* en *Weber* zich aan de polsbeweging.

Eijkman [1]) laat een sphygmograaf in zijn hoogsten stand een relais in werking brengen. Met behulp van een uurwerk kon het tijdsinterval tusschen het in werking komen van het relais en het lichtgeven van de Röntgenbuis met $^1/_{14}$ sec. opklimmend vergroot worden. De verlichtingsduur der gevoelige platen

---

[1]) *P. Eijkman.* Kinematographie der Herzbewegung. Verh. d. Gesellsch. Deutscher Naturf. u. Aerzte, 81 Vers. zu Salzburg, 19—25 Sept. 1909.

bedroeg 0.01 sec. Deze kort durende verlichting werd verkregen door den primairen stroom van het Röntgenapparaat met behulp van het plotseling doorsmelten van een dunnen geleiddraad te verbreken. Op deze wijze werden hartphoto's gemaakt, die de vormveranderingen afbeelden welke het hart in verschillende phasen van zijn periode vertoont.

Huismans [1]) paste deze methode van *Eijkman* toe om opnamen in elke willekeurig gekozen phase van de hartsperiode te maken. Om een bepaalde phase op de gevoelige plaat afgebeeld te krijgen berekent *Huismans* hoelang het uurwerk het lichtgeven van de Röntgenbuis moet vertragen. Daarna stelt hij het uurwerk op die vertraging in.

v. Korányi en *v. Elischer* [2]) laten onmiddellijk, zonder tusschenkomst van een uurwerk, den hefboom van een polsschrijver in elken willekeurigen stand den stroom van den Röntgentoestel sluiten.

Lieten de vorige onderzoekers door de pulsaties van een arterie automatisch het contact maken, waardoor de Röntgenbuis ingeschakeld werd, anders werkte *Weber* [3]), hoewel ook hij de polsbeweging benutte om het oogenblik, waarop de photo gemaakt moet worden, te vinden.

Weber registreert de bewegingen die de pols aan een spiegeltje mededeelt op een photographisch kymographion. Terwijl hij het oog gericht houdt op de schrijvende lichtvlek, maakt hij in de gewenschte phase van de polsbeweging met de hand het contact.

De methode om den hefboom van een polsschrijver automatisch de Röntgenbuis te laten inschakelen, heeft vele bezwaren: De uitslagen van het sphygmogram wisselen in grootte en daar-

---

[1]) *L. Huismans*, Der Telekardiograph ein Ersatz des Orthodiagraphen, Münch. med. Wochenschr., No. 60, 1913.

[2]) *A. v. Korányi* u. *J. v. Elischer*, Teleröntgenographie des Herzens in beliebigen Phasen seiner Tätigkeit, Zeitschr. f. Röntgenkunde, Vol. 12, H. 8, 1910.

[3]) *A. Weber*, Eine Methode zur Darstellung von Herzmomentaufnahmen in verschiedenen Phasen der Herzrevolution, Verh. d. Deutschen Kongresses f. innere Medizin, 27e Kongr. 1910.

mede het tijdstip van de hartsperiode, waarin zij optreden; de nullijn is niet constant; het anakrote deel stijgt snel, het katakrote daalt langzaam. Deze omstandigheden maken het bijzonder moeilijk de toestellen zoo in te stellen dat het contact nauwkeurig in een bepaalde phase van de polsbeweging gemaakt wordt. Erkend moet worden, dat het instellen op de toppen of dalen van de polskromme wat nauwkeuriger en gemakkelijker gaat.

Een belangrijke verbetering werd ingevoerd door *Th.* en *F. Groedel* [1]), die zich aan het Ekg oriënteerden, want nauwkeuriger en gemakkelijker dan de sphygmogrammen onderrichten ons de electrische verschijnselen van het hart over de phase van de hartsperiode. Bovendien geeft het Ekg den toestand van het hart momentaan aan, terwijl bij het gebruik van den sphygmograaf een afzonderlijk onderzoek naar de vertraging, waarmede de geregistreerde pols de hartswerkzaamheid aangeeft, noodzakelijk is.

Th. en *F. Groedel* maakten kinematographische Röntgenopnamen, terwijl zij tegelijkertijd een Ekg registreerden. De oogenblikken, waarop de Röntgenbuis lichtte, werden automatisch in de hartkromme aangegeven, zoodat zij in staat waren om na afloop der proef de phase te leeren kennen, waarin elk photogram uit de reeks opgenomen was.

Wij zelf hebben eveneens van het Ekg gebruik gemaakt, maar gingen daarbij eenigszins anders te werk dan *Th.* en *F. Groedel.* Op dezelfde wijze als *Weber* het beeld van den polsslag, namen wij het snaarbeeld van een electrocardiograaf als tijdwijzer voor de inschakeling der Röntgenbuis. Voorloopige proeven, waarbij wij door het drukken op een knop den stroom voor een electromagnetisch signaal, in plaats van dien voor den Röntgentoestel sloten, leerden ons, dat men er na eenige oefening zeer goed in slaagt, een gewenschte phase van de hartsperiode te treffen.

---

[1]) *Th.* u. *F. Groedel,* Kombinierte Röntgenkinematographische und Elektrokardiographische Herzuntersuchung, Deutsches Archiv f. klin. Med., 1913, p. 52.

Om onze Röntgenphoto's daarenboven in iedere verlangde phase van de adembeweging te kunnen nemen, schreven wij gelijktijdig met het Ekg een pneumogram.

Een beschrijving van onze wijze van werken wordt in het volgende hoofdstuk gegeven.

HOOFDSTUK II.

Methode der momentphotographie.

A. Het registreeren van het Ekg.

De verbindingen van den proefpersoon met den galvanometer werden gemaakt met behulp van de vroeger beschreven zwachtelelectroden [1]), terwijl in elk bijzonder geval die stroomafleiding werd uitgekozen, welke de toppen het duidelijkst voor den dag doet komen.

Voor het registreeren van het Ekg maakten wij gebruik van een papiercamera. Daarmede kan men het Ekg langeren tijd achtereen schrijven en dus rustig het oogenblik voor het nemen van de photo kiezen.

De proefpersoon bevindt zich met den Röntgentoestel in een andere zaal dan die, waar de galvanometers dreunvrij zijn opgesteld en de waarnemer vertoeft. Gedurende het lichten oefent de Röntgenbuis op de keten, waarin zich proefpersoon en galvanometer bevinden, een duidelijk merkbare inductie uit, die aan de snaar een uitslag geeft. Aldus schrijft de buis zelf en wel zonder eenige vertraging het oogenblik op, waarop zij licht, zoodat het gebruik van een signaal overbodig wordt gemaakt.

De inductie van de Röntgenbuis op de galvanometerketen heeft bij onze proeven, in tegenstelling met die van *Th.* en *F. Groedel,* nimmer tot een beschadiging der snaar geleid; zij sloeg bij iedere Röntgenverlichting slechts zoover uit, dat haar beeld niet meer dan eenige weinige millimeters werd verplaatst.

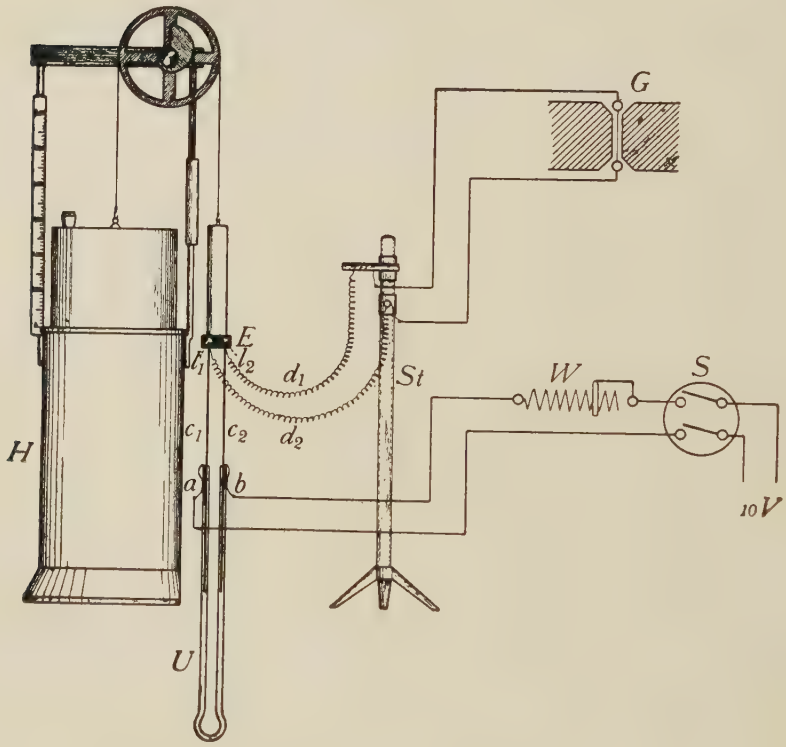
---

[1]) Wien. mediz. Wochenschrift, no. 14, 1916.

B. De registratie van het pneumogram.

Wij registreerden daartoe de bewegingen van een spirometer van *Hutchinson*, waarin de proefpersoon respireerde. De spirometer bevond zich in de Röntgenzaal in de onmiddellijke nabijheid van den proefpersoon, terwijl de bewegingen van

Fig. 1.



Schematische teekening van de wijze waarop de bewegingen van de spirometerklok geregistreerd werden.

den toestel langs electrischen weg naar de galvanometerzaal werden overgebracht. Hier deden zij de snaar van een tweeden galvanometer, die met den eersten, voor het Ekg bestemden optisch in serie was geplaatst, uitslaan en wel in die mate, dat

de bewegingen van het snaarbeeld ongeveer evenredig waren aan die van den spirometer.

Fig. 1 geeft aan hoe de inrichting werkte.

C_1 en C_2 zijn twee dikke koperdraden, die de bewegingen van de spirometerklok H volgen en daarbij dieper of minder diep in het kwik van de gebogen buis U worden gedompeld. Zij zijn aan hun boveneinden bij l_1 en l_2 aan het ebonieten blok E bevestigd en door de draden d_1 en d_2 met den galvanometer G verbonden. St is een statief, dat de draden ophoudt. Het deel van den draad, dat tusschen het statief en het beweeglijke ebonieten blok is uitgespannen, is dun en gemakkelijk buigbaar, terwijl het deel dat van het statief naar den galvanometer in de andere zaal leidt, door een loodkabel wordt gevormd. Een constante stroom wordt door den sleutel S en den weerstand W naar de U-buis bij a en b geleid, waardoor tusschen deze beide punten een potentiaalverschil wordt onderhouden. Het bedrag van dit potentiaalverschil varieert nagenoeg evenredig met de mate van indompeling der koperdraden in het kwik.

Wij verlangden van den proefpersoon, dat hij tijdens het registreeren in langzamen rhythmus een hoeveelheid lucht in den spirometer verplaatste, die overeenkwam met ongeveer $\frac{1}{2}$, soms met $\frac{2}{3}$ van zijn vitale capaciteit.

Ofschoon de adembeweging niet uitsluitend diaphragmatisch geschiedt, leerde ons onderzoek toch spoedig, dat onder de omstandigheden, waaronder wij den proefpersoon lieten ademen, steeds met iedere hoeveelheid ingeademde lucht een bepaalde stand van het diaphragma correspondeerde. Op den stand van het diaphragma komt het bij onze proeven in het bijzonder aan.

Eerst wordt de vitale capaciteit gemeten en de hoogste en laagste standen van de spirometerklok bepaald. Daarna worden twee standen van de klok aangewezen, die even ver van den middenstand zijn verwijderd en die, de voorgeschreven fractie van de vitale capaciteit metende, door den proefpersoon bij zijn adembewegingen moeten worden bereikt. Het potentiaalverschil, dat er in den middenstand van de klok tusschen de

aftakplaatsen a en b heerscht, wordt in de galvanometerketen gecompenseerd en de snaarspanning zoo geregeld, dat het pneumogram een amplitude van 15 à 20 mm bereikt.

Ten slotte zij nog vermeld, dat de verbinding van den proefpersoon met de klok steeds geschiedde na het volbrengen van een zoo diep mogelijke inademing en op een oogenblik dat de klok in haar laagsten stand staat.

C. De Röntgentechniek.

De Röntgeninrichting, die te onzer beschikking was, bestond uit een voortreffelijken grooten toestel van *Siemens* und *Halske* voor draaistroom van 10 kilovoltampère met hoogspanningsgelijkrichter en „Periodenwähler", welk laatste onderdeel gelegenheid bood tot het vervaardigen van momentopnamen met een verlichtingsduur van 0,01 tot 0,04 seconde. Al onze photo's zijn bij 0,04 sec. verlichtingsduur opgenomen, een tijd, die kort genoeg kan worden geacht om de hartschaduw scherp begrensd te houden.

Sommige schrijvers meenen dat veel korter durende verlichtingen aangewend moeten worden om scherpe beelden te verkrijgen. *E. Stuertz* [1]) bijv. is van meening dat de verlichtingstijd zoo kort gekozen moet worden dat alle verplaatsingen aan den hartomtrek kleiner dan 1 mm zijn. Door een berekening vindt *Stuertz* dat de expositietijd, afhankelijk van de hartsfrequentie van den proefpersoon, dan hoogstens van $^1/_{60}$ tot $^1/_{180}$ sec. mag duren. De uitkomsten van de berekening van *Stuertz*, die uitgaat van de veronderstelling dat de hartpunt bij de hartscontractie zich 2 à 3 cm zou verplaatsen, kunnen wij niet aanvaarden, omdat wij zijn veronderstelling onjuist achten. Bovendien leeren onze opnamen, dat verlichtingen van een duur van 0,04 sec. beelden van voldoend scherpen omtrek geven.

Als Röntgenbuis gebruikten wij een groot model van

---

[1]) *E. Stuertz*, Ueber den Begriff „Röntgen-Momentaufnahme", Deutsch. med. Wochenschr., 19, 1911.

Gundelach, dat bijzonderlijk voor momentopnamen was bestemd. Haar hardheid werd op 6 Walter geregeld. De antikathode bestond uit wolfram.

Om onderling vergelijkbare photo's te verkrijgen werd er voor gezorgd, dat tijdens het photographeeren de buis, de proefpersoon en het chassis met de photographische plaat steeds nauwkeurig op dezelfde wijze ten opzichte van elkaar werden geplaatst. De proefpersoon staat of zit rechtop en drukt den voorsten borstwand tegen het chassis aan, dat zich op 1 meter afstand van de antikathode bevindt. Deze laatste wordt geplaatst ter hoogte van een punt, dat midden tusschen de aanhechtingsplaatsen van de beide vierde ribben aan het sternum is gelegen en het chassis wordt loodrecht gehouden op de lijn die dit punt met de antikathode verbindt.

Heeft de proefpersoon zijn plaats ingenomen en zijn de toestellen in gereedheid gebracht, dan behoeft de waarnemer, die zich in de galvanometerzaal bevindt, slechts op een contact te drukken om de momentopname te maken. Hij houdt het contact in de hand en lettend op de beide snaarbeelden, die het Ekg en het pneumogram schrijven, drukt hij af op het oogenblik dat hij zelf wenscht uit te kiezen. Na de proef kan dan met behulp van de krommen, die op de strook photographisch papier worden ontwikkeld, worden gecontroleerd, of het moment van afdrukken werkelijk heeft plaats gehad in de phase van de systole of diastole en van in- of uitademing, die was bedoeld.

D. Het zichtbaar maken van de hartpunt.

De hartschaduw gaat in normale gevallen aan haar onderzijde onmerkbaar in de schaduw van de beneden het hart liggende organen over; de hartpunt teekent zich dikwijls niet in haar geheel af. Alleen wanneer het diaphragma abnormaal laag staat en ook bij normalen stand van het middenrif gedurende diepe inademing, wordt soms de geheele hartpunt op de Röntgenphoto afgebeeld. Bij diepe uitademing wordt de apex cordis geheel of voor een groot gedeelte onzichtbaar.

Wij hebben naar een methode gezocht om een grooter gedeelte van de grenzen van het hart zichtbaar te maken. Het ligt voor de hand te beproeven door hooger of lager stellen van de Röntgenbuis hart- en diaphragmaschaduw meer uiteen te doen vallen. Het bleek ons evenwel dat horizontaal gerichte Röntgenstralen bij den rechtop staanden of -zittenden proefpersoon nog de gunstigste beelden geven.

Photo's van een persoon, wiens maag toevallig een aanzienlijke hoeveelheid gas bevatte, lieten de hartpunt zeer duidelijk door de zich in den fundus van de maag bevindende gasbel heen zien. Dit bracht ons op het denkbeeld bij onze proefpersonen opzettelijk een gasbel in de maag teweeg te brengen of een bestaande te vergrooten. Te dien einde lieten wij den proefpersoon bij ledige maag eerst 1—2 gram bicarb. natric. en daarna eenzelfde hoeveelheid wijnsteenzuur, beide stoffen in wat spuitwater opgelost, innemen. De hoeveelheid ontwikkeld CO_2 is voldoende om een flinke gasbel in de maag te doen ontstaan. Het is noodig het bruispoeder korten tijd voor het nemen van de photo in te geven, daar een gedeelte van de hoeveelheid gas spoedig uit de maag verdwijnt. Vooral voor het maken van photo's bij maximale exspiratie was deze methode ons van nut.

Bij het naslaan van de literatuur bleek ons, dat reeds in 1914 *L. Huismans* het vergrooten van de gasbel in de maag heeft aanbevolen als middel om de hartpunt in Röntgenphoto's zichtbaar te maken [1]).

---

[1]) *L. Huismans*, Eine einfache Methode die Herzspitze für die Messung des Längedurchmessers des Herzens sichtbar zu machen, D. med. Wochenschr., 1914, No. 28.

HOOFDSTUK III.

Invloed van de phase der hartsperiode.

Voordat wordt overgegaan tot een bespreking van den invloed die de phase van de hartsperiode heeft, moge kort opgesomd worden, welke gedeelten van het hart in normale omstandigheden de randen van de hartschaduw vormen. Voor een gedetailleerde beschrijving vergelijke men bijv. *H. Vaquez* et *E. Bordet:* Le Coeur et l'Aorte.

Aan de schaduw van een normaal hart onderscheidt men rechts twee bogen. De bovenste der beide bogen wordt gevormd door den rechter rand van de groote vaten die van het hart opstijgen in de borstkas. In den regel is het de aorta ascendens, die het verst naar rechts reikt, soms de vena cava sup. Het gebeurt dat beide vaten links van den rechter sternaalrand blijven en de bovenste boog door de schaduwrand van het sternum gevormd wordt. Het rechter atrium en wel zijn aurikel vormt de onderste boog. Deze boog maakt met den naar boven convexen schaduwrand van den rechter diaphragmakoepel een scherpen hoek. Meermalen vindt men dezen hoek gevuld door een kleine, niet zeer intensieve schaduw, die een scherp begrensden rand heeft. Over de beteekenis van deze kleine schaduw is men nog niet geheel tot overeenstemming gekomen. Vooral bij diepe inademing zou zij zichtbaar zijn, inderdaad vinden wij haar op de meeste van onze photo's, die in dezen toestand genomen zijn. In enkele gevallen was de schaduw, ofschoon aanzienlijk kleiner, ook bij geforceerde exspiratie zichtbaar.

Aan den linker rand van de hartschaduw kan men onder gunstige omstandigheden een viertal bogen waarnemen. Deze bogen worden van boven naar beneden achtereenvolgens ge-

vormd door den arcus aortae, de art. pulmonalis, de aurikel van den linker boezem en de linker kamer. De derde boog, gevormd door den linker aurikel, is dikwijls niet goed af te grenzen.

Op overeenkomstige wijze als rechts, vinden wij links den hoek tusschen hart- en diaphragmaschaduw, zoo nu en dan gevuld door een kleine driehoekige schaduw. Ook van deze schaduw is de beteekenis niet met zekerheid bekend.

Ten einde een onderzoek in te stellen naar de veranderingen die de hartschaduw gedurende de hartsperiode ondergaat, maakten wij op de beschreven wijze photo's in verschillende phasen van de hartsperiode, waarbij er nauwkeurig op gelet werd dat de verschillende opnamen van een proefpersoon gemaakt werden bij eenzelfden stand van zijn diaphragma. Zooals is medegedeeld bereikten wij dit door den proefpersoon steeds dezelfde hoeveelheid lucht te laten inademen. Wij waren niet in staat te zorgen dat bij iedere opname de frequentie van den hartslag dezelfde bleef, maar wanneer deze wisselde leerde toch het na de proef op de papierstrook der papiercamera ontwikkelde Ekg, bij welke frequentie de opname geschied was. Om de verschillen zoo groot mogelijk te krijgen, photographeerden wij gedurende de maximale contractie van de kamers, op een moment dus dat het bloed is uitgedreven, en gedurende de diastolische vulling. Wij mogen veilig aannemen, dat op het oogenblik waarop de T-top zijn grootsten uitslag bereikt heeft, de kamers zich maximaal gecontraheerd hebben.

De ervaring leerde ons dat, indien wij het contact dat de Röntgenbuis inschakelt, maakten zoodra wij de QRS-groep zagen, de photo gedurende den T-top of zijn katakrote deel genomen werd. Het photographeeren gedurende de diastole gelukt gemakkelijk als het contact gemaakt wordt zoodra de pauze in de snaarbeweging intreedt. Bij een aanzienlijk versnelde hartsactie, waarbij deze pauze zeer kort is, soms zelfs ontbreekt omdat de P-top der volgende boezemcontractie reeds begint voordat de T-top nog geheel voorbij is, is het photographeeren in de diastole der kamers moeilijk.

Bespreken wij nu aan eenige teekeningen van door ons opgenomen photo's de verschillen tusschen diastole en systole in het Röntgenbeeld.

Fig. 2. Fig. 3.

Viermaal verkleinde omtrek van Röntgenogrammen van *Sch.*, zelfde phase van de adembeweging, zelfde frequentie van den hartslag; fig. 2 bij systole, fig. 3 bij diastole.

Fig. 4.

Samenstelling van de figuren 2 en 3 met de rechter grenzen op elkaar gepast. Waar beide figuren niet samenvallen is fig. 2 gestippeld.

De figuren 2 en 3 geven de omtrekken weer van de Röntgenogrammen van proefpersoon *Sch.* Ze zijn op ¼ van de

ware grootte gereduceerde teekeningen, die met behulp van een doorlichtingskast vervaardigd zijn op doorschijnend papier, dat direct op de oorspronkelijke negatieven was gelegd.

Fig. 2 toont den omtrek van de hartschaduw op het oogenblik, nadat de T-top juist zijn grootsten uitslag bereikt heeft, fig. 3 geeft den omtrek op een oogenblik dat kort voor den P-top valt, ongeveer 0,3 seconde na het einde van de voorafgaande systole. De frequentie van den hartslag bleef gedurende de beide opnamen dezelfde en bedroeg 71 slagen per minuut, terwijl ook de hoeveelheid ingeademde lucht in beide gevallen gelijk was. Ter plaatse van den boog der art. pulmonalis is in de teekening de omtrek van de hartschaduw onderbroken omdat deze hier moeilijk van de schaduw van den longhilus kon worden onderscheiden.

Als wij de beide figuren vergelijken, blijken de rechter grenzen zoo volkomen denzelfden vorm te hebben, dat wij ze nauwkeurig op elkaar kunnen passen. Doen wij dit, dan vallen ook de grenzen van het middenrif in beide teekeningen samen. Fig. 4 beeldt de beide teekeningen op elkaar gelegd af. Alleen links toonen zij verschillen en wel valt de systolische schaduw, — die gestippeld is aangegeven, — ter plaatse waar linker kamer en linker atrium randvormend zijn, even binnen de diastolische. De verschillen zijn aan den atrio-ventriculair grens het grootst, maar bedragen ook daar nog slechts enkele millimeters. Het hart is dus bij de systole maar weinig kleiner dan bij de diastole.

De hartpunt schijnt bij de systole geen verplaatsing te ondergaan. De horizontale afstand tusschen het uiterste punt van den rechter en van den linker rand der hartschaduw blijft gedurende de hartsperiode constant van grootte. De klinische Röntgenologie acht de grootte van dezen afstand, die dus onafhankelijk van de phase der hartsperiode blijkt te zijn, een belangrijk gegeven om de grootte van het hart te beoordeelen. Op de teekeningen is verder zichtbaar dat de schaduw van den aortaboog gedurende de systole meer naar links reikt, hetgeen op bevredigende wijze door het verschil in bloedvulling en bloedsdruk verklaard wordt.

Men heeft de bewegingen van verschillende kleine gedeelten van den rand der hartschaduw geregistreerd (Röntgenkymographie van *Gött, Becker* en *Rosenthal* [1]). De met deze methode gevonden waarden voor de grootten der pulsatorische vormveranderingen van het hart stemmen met de onze overeen. Ook *Th.* en *F. Groedel* [2]) vonden analoge grootten van de vormveranderingen.

Fig. 5.

Fig. 6.

Viermaal verkleinde omtrek van Röntgenogrammen van *P.*, zelfde phase van de adembeweging; fig. 5 bij systole en een frequentie van 92; fig. 6 bij diastole en een frequentie van 60 slagen per minuut.

De figuren 5 en 6 geven een afbeelding van de Röntgenphoto's bij *P.* genomen, fig. 5 van de systolische, fig. 6 van de diastolische opname, beide wederom in dezelfde phase van de adembeweging. Buitengewoon duidelijk teekenen zich links in de systolische photo de vier bogen af, terwijl daarentegen op de diastolische opname de grens tusschen linker boezem en linker ventrikel nauwelijks zichtbaar is.

De veranderingen, die de randen van de linker boezem- en kamerschaduw gedurende de hartsperiode ondergaan, zijn

---

[1]) *Th. Becker,* Die Analyse des Elektrokardiogramms mittels der Röntgenkymographie, Deutsch. Archiv f. klin. Med., Bd. 113, 1914, S. 216.

[2]) *Th.* und *F. Groedel,* l.c.

door *Th.* en *F. Groedel* [2]) beschreven. Wij vonden, in overeenstemming met hen, dat gedurende de systole de bogen het duidelijkst zichtbaar zijn, willen er echter op wijzen, dat een zoo duidelijke begrenzing der bogen als bij proefpersoon *P.* wordt aangetroffen, geen regel is, eigenlijk door ons maar éénmaal is waargenomen. Op vele photo's is de atrio-ventriculair grens slechts even aangeduid.

Fig. 7.

Samenstelling van de figuren 5 en 6 met de rechter grenzen op elkaar gepast. Fig. 5 gestippeld.

Fig. 7 beeldt op overeenkomstige wijze de photo's van den proefpersoon *P.* af als fig. 4 van den proefpersoon *Sch.*: de systolische en diastolische photo's zijn op elkaar gelegd. Weder bedekken rechts de randen der hartschaduwen en de grenzen der diaphragmaschaduwen elkander nauwkeurig, terwijl er alleen links verschillen zichtbaar zijn. De verschillen tusschen systole en diastole zijn evenwel bij *P.* belangrijk grooter dan bij *Sch.* Op het oogenblik dat de diastolische photo gemaakt werd, bedroeg de frequentie van den hartslag 60 slagen per minuut en 92 bij het nemen van de systolische. Daar het voor de hand ligt aan te nemen dat het slagvolumen gedurende

---

[2]) *Th.* und *F. Groedel*, l.c.

de langzame hartswerking afwijkt van dat gedurende de snelle, mogen de bij *P*. gevonden verschillen niet uitsluitend toegeschreven worden aan een verschil in phase van de hartsperiode.

HOOFDSTUK IV.

Invloed van de phase der adembeweging.

Om den invloed van de adembeweging na te gaan, moeten photo's gemaakt worden bij éénzelfde phase van de hartsperiode, maar bij verschillende phasen van de adembeweging.

Wij lieten onze proefpersonen $^2/_3$ hunner vitale capaciteit in- en uitademen en photographeerden het hart bij uitersten in- en exspiratiestand op het oogenblik dat de T-top geschreven wordt. Wij hebben deze phase van de hartsperiode uitgekozen omdat de verschillende bogen die de hartschaduw begrenzen bij de systole het best kunnen herkend worden en omdat gedurende het optreden van den T-top de kamers haar grootste systolische hardheid bezitten.

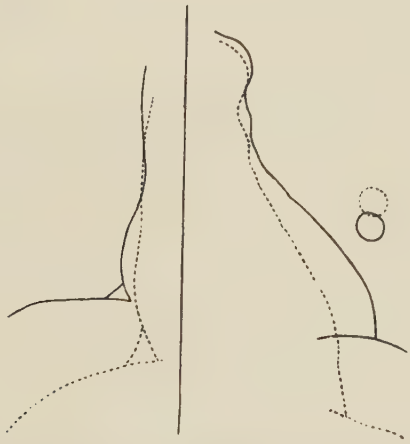
Ten einde de vormveranderingen, die bij de adembeweging optreden, duidelijk in beeld te brengen, teekenden wij met behulp van de doorlichtingskast op eenzelfde blad doorschijnend papier den omtrek van de inspiratorische en dien van de exspiratorische hartschaduw van een proefpersoon. Daarbij gingen wij als volgt te werk: Op elk der beide oorspronkelijke photo's wordt de mediaanlijn aangegeven en op het rechthoekige stuk papier in het midden een verticale lijn getrokken. Bij het teekenen wordt het papier zoodanig op elk der beide photo's gelegd, dat de verticale lijn op het papier de mediaanlijn op het negatief bedekt en de bovenrand van het teekenpapier langs den bovenrand van de glasplaat valt.

Op de aldus vervaardigde teekeningen kan men niet alleen duidelijk zien welke vormveranderingen en verplaatsingen door de verdiepte ademhaling worden veroorzaakt, maar kan

men den afstand, waarover de verschillende deelen van den schaduwrand verschoven worden, meten.

Fig. 8 geeft, op ¼ van de ware grootte, zulk een teekening weer, gemaakt van de Röntgenopnamen van proefpersoon *B.*, bij wien gedurende het photographeeren de hartsfrequentie ongeveer dezelfde bleef. De getrokken lijn

Fig. 8.



Viermaal verkleinde teekening, samengesteld uit de omtrekken van inspiratorisch en exspiratorisch Röntgenogram van *B.* met de mediaanlijnen op elkaar gepast. Beide opnamen bij systole en dezelfde frequentie van den hartslag: inspiratorische schaduwgrens gestippeld. De proefpersoon heeft $^2/_3$ van zijn vitale capaciteit verplaatst.

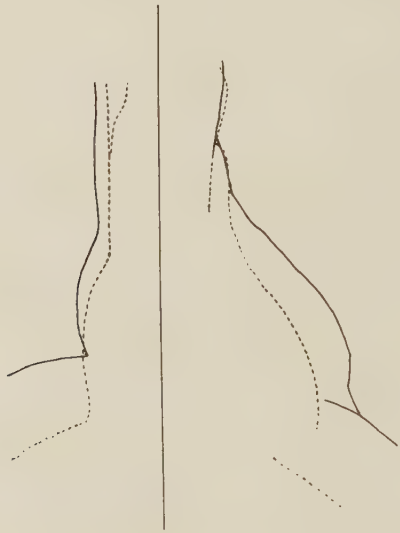
beeldt den omtrek der exspiratorische, de gestippelde die der inspiratorische hartschaduw af. Aan beide kunnen duidelijk de begrenzende bogen onderscheiden worden.

Men ziet dat de bovengrens van de schaduw van den aortaboog bij inspiratie slechts weinig lager valt dan bij exspiratie. De diaphragmaschaduw daalt, ter plaatse waar deze in de hartschaduw overgaat, bij de inademing 3 à 4 cm, links wat meer dan rechts. De rechter en de linker rand der hartschaduw worden op de inspiratorische photo meer mediaanwaarts afgebeeld dan op de exspiratorische. De rand van de

schaduw der linker kamer ondergaat de grootste verplaatsing. Deze linker kamerboog behoudt in beide phasen der adembeweging practisch denzelfden vorm, hetgeen niet van de overige bogen gezegd kan worden.

Een dergelijke teekening als de in fig. 8 afgebeelde geeft

Fig. 9.



Viermaal verkleinde teekening, samengesteld uit de omtrekken van inspiratorisch en exspiratorisch Röntgenogram van *d. G.* met de mediaanlijnen op elkaar gepast. Beide opnamen bij systole en dezelfde frequentie van den hartslag; inspiratorische schaduwgrens gestippeld. De proefpersoon heeft $^2/_3$ van zijn vitale capaciteit verplaatst.

fig. 9 van de Röntgenogrammen van proefpersoon *d. G.* weer. Zijn hartsfrequentie was bij beide opnamen ongeveer gelijk. De grens tusschen linker ventrikel en linker atrium was hier niet zoo goed zichtbaar als bij den vorigen persoon, de grens der hartpunt kon op de inspiratorische opname moeilijk worden waargenomen. Analoge verschillen als bij *B.* zijn ook hier tusschen beide hartschaduwen op te merken.

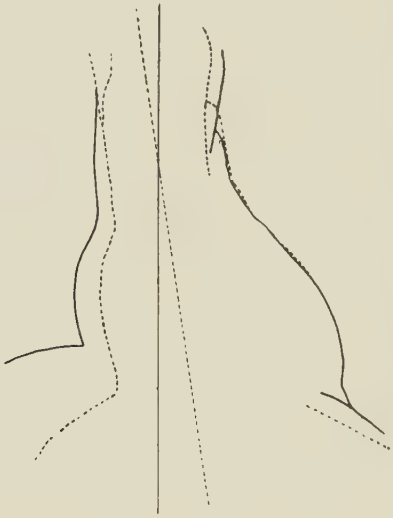
Wij meenen uit de verschillen, die de exspiratorische en

inspiratorische photo's vertoonen te mogen besluiten, dat de verschillende deelen van het hart bij de diepe ademhaling niet gelijkelijk met de groote bewegingen van het middenrif op- en neergaan, maar dat daarbij de vorm van het hart verandert. Van voren bezien wordt het hart bij het dieper dalen van het middenrif langer en smaller, daarbij blijft de aorta-

Fig. 10.

Viermaal verkleinde teekening van de omtrekken van inspiratorisch en exspiratorisch Röntgenogram van *B*. De oorspronkelijke teekeningen zijn langs den rand der linker kamer op elkaar gelegd.

Fig. 11.



Viermaal verkleinde teekening van de omtrekken van inspiratorisch en exspiratorisch Röntgenogram van *de G*. De oorspronkelijke teekeningen zijn langs den rand der linker kamer op elkaar gelegd.

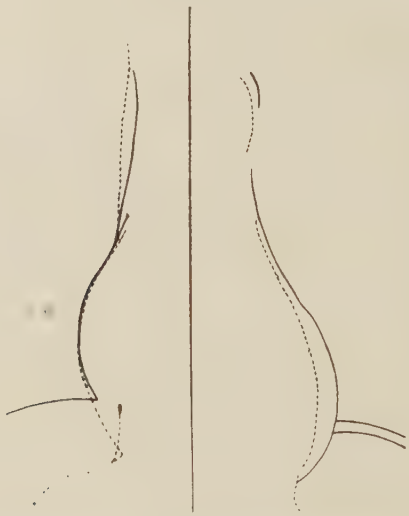
boog nagenoeg dezelfde plaats ten opzichte van de borstwervels innemen en behouden de kamers, althans in systole, haar vorm. Zij dalen en maken een beweging naar de mediaanlijn toe. Het tusschen aortaboog en kamerbasis gelegen gedeelte verandert van vorm.

Wanneer wij van beide proefpersonen de omtrekken van hun exspiratorische en inspiratorische hartphoto langs den schaduwrand van de linker kamer op elkaar leggen, verkrijgen

wij beelden zooals die in fig. 10 en 11, weder 4 × verkleind, zijn weergegeven.

Neemt men aan, dat in beide phasen der adembeweging hetzelfde gedeelte van de linker kamer aan den rand harer schaduw wordt afgebeeld, dan meet de hoek, dien de beide mediaanlijnen met elkander vormen, de draaiing, die de kamers om een sagittale as volbrengen. Deze hoek bedraagt bij proefpersonen *B.* ongeveer 15°, bij proefpersoon *d. G.* ongeveer 9°.

Fig. 12.



Viermaal verkleinde teekening, samengesteld uit de omtrekken van inspiratorisch en exspiratorisch Röntgenogram van *W.* met de mediaanlijnen op elkaar gepast. De inspiratorische photo is bij systole, de exspiratorische bij het begin der diastole genomen; inspiratorische schaduwgrens gestippeld. De proefpersoon heeft $^2/_3$ zijner vitale capaciteit verplaatst.

Fig. 12 beeldt op ¼ van de ware grootte de samengestelde teekening van de omtrekken der exspiratorische en inspiratorische hartschaduw van proefpersoon *W.* af. De exspiratorische Röntgenphoto is niet precies in de gewenschte phase der hartsperiode genomen, maar op het oogenblik dat de systole der kamers juist geëindigd is. Was in den uitademingsstand

ook bij maximale kamersystole gephotographeerd, dan zou de getrokken linker kamerboog nog dichter bij de gestippelde loopen.

Proefpersoon *W*. is een lange jonge man met een langen thorax, zijn in verticale richting gerekte hartschaduwfiguur raakt, wanneer hij bij rustige ademhaling rechtop staat, slechts met een betrekkelijk klein gedeelte de schaduw van het diaphragma.

De verschillen tusschen inspiratorische en exspiratorische hartschaduwomtrek zijn bij *W*. van denzelfden aard als bij de andere proefpersonen, maar veel kleiner. Toch waren de bewegingen van zijn middenrif zeker even groot. Zijn vertikaal hangend hart kan bij diepe inademing slechts weinig meer naar de mediaanlijn toe bewogen worden en het middenrif moet bij de uitademing eerst over een aanzienlijken afstand rijzen voordat het aan de kamers een beweging kan mededeelen. Een draaiing van de kamers om een sagittale as moet dus, indien zij al aanwezig is, zeer gering zijn.

TWEEDE GEDEELTE.

Electrocardiographisch onderzoek.

HOOFDSTUK I.

Inleiding.

Behalve met behulp van de Röntgenphotographie kan men ook door middel van de electrocardiographie plaatsveranderingen van het hart bestudeeren. De wijze waarop dit geschiedt is vroeger [1]) uitvoerig medegedeeld, wij zullen ons daarom tot een korte uiteenzetting bepalen.

Alle potentiaalverschillen, die op één oogenblik van de systole in het hart heerschen, kunnen wat hun uitwerking op den galvanometer betreft, vervangen worden door hun resultante. Aan dit resulteerend potentiaalverschil wordt een richting en een grootte onderscheiden. In den loop van een contractie kunnen richting en grootte onophoudelijk wisselen, maar zij zijn constant voor een bepaalde phase zoolang het hart gelijke contracties onder dezelfde omstandigheden volbrengt.

Bij de geforceerde ademhaling ondergaat het hart een draaibeweging tengevolge van de beweging van het middenrif. Bovendien ondervindt het den invloed van de bij de ademhaling optredende veranderingen in den vagustonus. Deze wijzigen richting en grootte van dat deel der resulteerende potentiaalschommeling dat de toppen P en T veroorzaakt, zij laten echter richting en grootte van de QRS-groep onveran-

---

[1]) *W. Einthoven, G. Fahr* und *A. de Waart,* Ueber die Richtung und die manifeste Grösse der Potentialschwankungen im menschlichen Herzen und über den Einfluss der Herzlage auf die Form des Elektrokardiogramms. Archiv für die ges. Physiologie, Bd. 150, (I), S. 275.

derd, die alleen door de draaiing van de kamers wordt beïnvloed. Daarom geeft de hoek, die het richtingsverschil van deze toppen bij uit- en inademing meet, aan hoeveel de kamers gedraaid zijn.

De richting α van het op een bepaald oogenblik in het frontale vlak van het hart heerschende potentiaalverschil kan nauwkeurig worden bepaald; zijn werkelijke grootte is ons onbekend maar zijn „manifeste grootte" E [1]) verschaft ons een relatieve maat, die tot onderling vergelijken der gevonden bedragen in staat stelt.

Om α en E te bepalen moet men de grootte van de gelijktijdig optredende uitslagen kennen zooals die geregistreerd worden in de Ekgen, welke bij de drie gebruikelijke afleidingen zijn opgenomen. Men berekent de gezochte waarden met behulp van het schema van den gelijkzijdigen driehoek en kan daarbij met vrucht gebruik maken van een vroeger gepubliceerde tabel [2]). — Deze tabel is nog eens afgedrukt aan het einde van dit proefschrift.

Het is ten behoeve van de metingen wenschelijk de Ekgen bij de drie afleidingen tegelijk te registreeren, want alleen op deze wijze kan men er zeker van zijn dat men zijn metingen in nauwkeurig dezelfde phase eener hartsperiode verricht, terwijl bovendien de kleine verschillen, die steeds tusschen de eene en de andere periode te vinden zijn, geen invloed meer kunnen uitoefenen op het resultaat.

Voor onze proeven stonden ons drie galvanometers ten dienste. Daarvan waren er twee optisch in serie opgesteld, terwijl de derde, een model door de *„Cambridge Scientific Instrument Company"* in den handel gebracht, naast de beide eerste werd geplaatst. De optisch in serie geplaatste galvanometers zijn dezelfde als die, welke bij ons Röntgenphotographisch onderzoek Ekg en pneumogram schreven.

---

[1]) Zie I, blz. 296.

[2]) *W. Einthoven, F. L. Bergansius* und *J. Bijtel,* Die gleichzeitige Registrierung elektrischer Erscheinungen mittels zwei oder mehr Galvanometer und ihre Anwendung auf die Elektrokardiographie. Archiv für die ges. Physiologie, Bd. 164, (II), S. 196.

De gevoeligheid van elk der drie toestellen werd zoo geregeld, dat het aantal centimeters dat de toppen der Ekgen meet, het aantal millivolts der potentiaalverschillen aangeeft. Dan stemmen de drie gelijktijdig opgenomen Ekgen nauwkeurig overeen met die, welke men met één galvanometer op de gebruikelijke wijze na elkander registreert. Op welke manier dit bereikt wordt, is vroeger uitvoerig uiteengezet [1]). Wij vermelden slechts, dat wij eerst door toevoegen van rheostaten aan twee der galvanometers de snaarweerstanden, die 5200 en 3900 Ohm bedroegen, verhoogden tot dien van de snaar met den grootsten weerstand, n.l. 8100 Ohm. Daarna werden de spanningen der snaren zoo geregeld, dat ieder snaarbeeld voor het inschakelen van 1 millivolt in de galvanometerketen een verplaatsing $U = 1 + \frac{l}{2g}$ cm onderging. In deze formule is l de gemiddelde waarde van de in de drie afleidingen gemeten lichaamsweerstanden en g het getal dat het aantal Ohms aangeeft van de aan elkaar gelijkgemaakte galvanometerweerstanden, dus 8100.

Gedurende de voortbeweging der photographische plaat, die bij al onze opnamen een snelheid van 25 mm per seconde had, werd in de keten van iederen galvanometer een potentiaalverschil van 1 mV. ingeschakeld. Bij het meten der aldus verkregen ijkingsuitslagen bemerkten wij, dat de toestellen dikwijls niet precies de vereischte gevoeligheid verkregen hadden. Het is moeilijk om, terwijl het snaarbeeld zich beweegt, de grootte van zijn uitslag tot op tienden van millimeters te regelen.

Verder bleek ons, dat de snaarspaninrichting van het *Cambridge*-model niet voldoende fijn is om den galvanometer op de juiste gevoeligheid te brengen en dat de aan de snaar gegeven spanning in korten tijd reeds merkbaar verandert. Daarom werd steeds de voorzorg genomen dezen galvanometer het laatst, vlak voor het maken van het photogram, in te stellen. Niettegenstaande dezen maatregel trad toch in den tijd, die

---

[1]) Zie II.

Fig. 13.

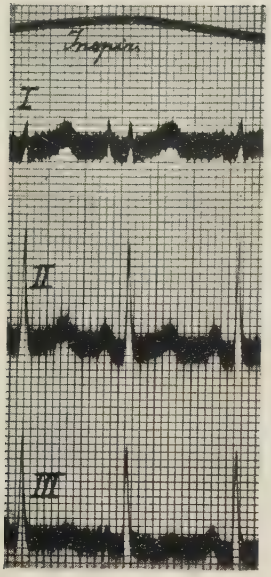


Fig. 14.

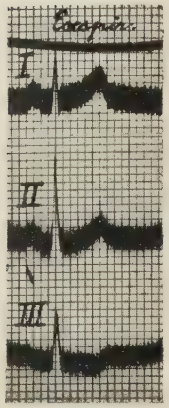


Fig. 15.

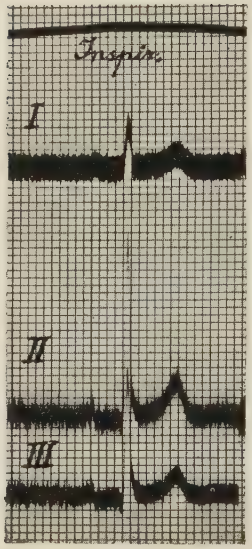


Fig. 16.

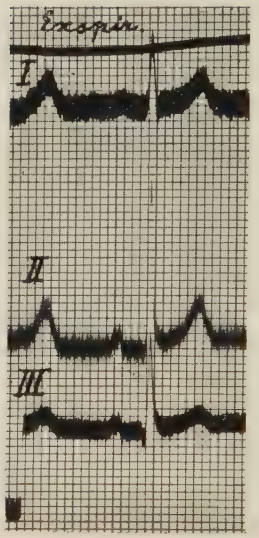


Fig. 17.

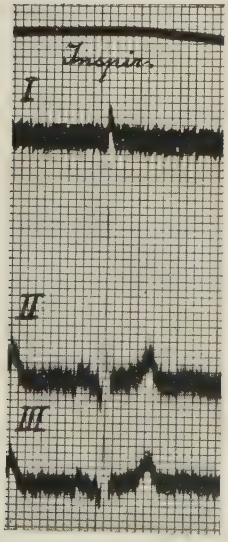


Fig. 18.

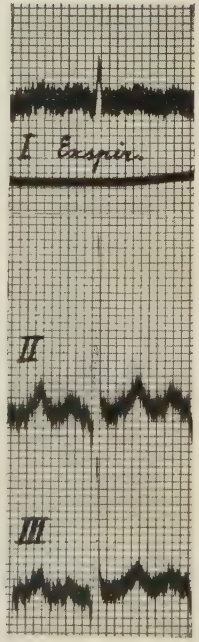


Fig. 19.

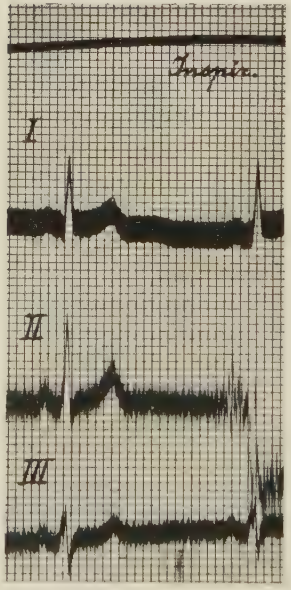
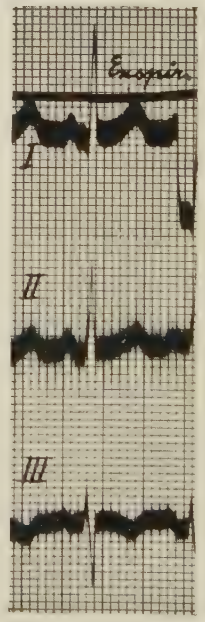


Fig. 20.



Gelijktijdig geregistreerde Ekgen en pneumogram.
Fig. 13 en 14 van *B.*; fig. 15 en 16 van *d. G.*; fig. 17 en 18 van *W.*; fig. 19 en 20 van *H.*
Absc. 1 schaaldeel = 0,04 sec. Ordin. 1 schaaldeel = 10^{-4} V.

verstrijkt voor de Ekgen geregistreerd werden, een wijziging van de gevoeligheid op. De nauwkeurigheid van de uitkomsten onzer proeven wordt echter door een eenigszins onjuiste snaarspanning niet verminderd, omdat wij de grootten der aan de Ekgen gemeten toppen steeds met behulp der ijkingsuitslagen corrigeerden.

Bij het opnemen zit de proefpersoon in de zaal waarin de galvanometers zijn opgesteld, naast den registreertoestel. Hij ademde op dezelfde wijze in de spirometerklok als bij het vervaardigen der Röntgenphoto's. De bewegingen van de klok werden op de vroeger [1]) aangegeven wijze door middel van koorden en schijven verkleind op een hefboom, welke zich voor de spleet van den registreertoestel beweegt, overgebracht.

De photographische opnametoestel was ingericht voor glasplaten van ruim 12,5 cm breedte. Hoewel de ruststanden van de snaarbeelden tijdens het photographeeren bij verdiepte ademhaling dikwijls veranderingen ondergaan, slaagt men, gebruik makend van zulke breede platen, er toch zeer goed in pneumogram en de drie Ekgen op een plaat te krijgen.

Onze electrocardiographische onderzoekingen hebben wij bij dezelfde proefpersonen verricht, bij wie de beweging van het hart reeds Röntgenphotographisch onderzocht was. De figuren 13 tot en met 20 geven hunne Ekgen weer, welke tijdens het maximum van in- en het maximum van exspiratie geregistreerd werden. Het bovenste Ekg is bij afl. I, het middelste bij afl. II en het onderste bij afl. III opgenomen. De vierde kromme, die in de figuren voorkomt, is het pneumogram, waarin de opwaartsche uitslag de inspiratiebeweging aangeeft.

Soms komt er in den stand van diepste in- of uitademing toevallig geen hartscontractie voor, zooals bij *B.* tijdens het maximum van exspiratie — fig. 14 —, of zijn wel op het juiste oogenblik geregistreerde Ekgen voor uitmeting onbruikbaar, hetgeen bij de inspiratorische krommen van *H.* het geval is — fig. 19 —. Dan moeten wij ons behelpen met het uitmeten van de krommen eener hartsperiode die in een phase der adem-

---

[1]) Zie I, blz. 279.

beweging optreedt, welke zooveel mogelijk de verlangde nabijkomt. Voor den draaiingshoek wordt in een dusdanig geval een iets te kleine waarde gevonden. Aannemende dat de grootten van de draaiingen evenredig zijn met de luchtverplaatsingen, kunnen wij de fout gemakkelijk in rekening brengen. Bij *B.* moet de waarde van den gevonden hoek dan met 1,125, bij *H.* met 1,07 vermenigvuldigd worden.

Voor onze metingen hebben wij de in de figuren 14—20 gereproduceerde Ekgen gebezigd. In het door fig. 13 weergegeven Ekg treft men een afwijkenden P-top aan. Daarom is deze kromme niet gemeten, maar een andere, die evenwel voor reproductie minder geschikt is.

Onze Ekgen zijn gecompliceerd door onregelmatige kleine topjes, die in hoofdzaak moeten worden toegeschreven aan spiercontracties, welke zoo licht bij het geforceerd ademen der proefpersonen ontstaan. Trillingen der snaren tengevolge van electriciteitsontwikkeling in het lichaam van den proefpersoon voldoen aan de formule: afl. II = afl. I + afl. III. Deze formule is dus ook van toepassing op de toppen der Ekgen, welke met dergelijke trillingen zijn samengesteld. Vorm en grootte der toppen worden door de trillingen iets gewijzigd. Het kan dientengevolge bij een zeer kleinen top soms moeilijk zijn om aan te geven op welk tijdstip de snaarbeelduitslag het grootst is en hoeveel deze bedraagt. Bij de grootere hebben de trillingen practisch geen invloed op de nauwkeurigheid der metingen.

Bij den hoofdtop van de QRS-groep deed zich een moeilijkheid van bijzonderen aard voor: Bij sommige proefpersonen valt de hoogste top in de drie afleidingen op hetzelfde tijdstip. In een dergelijk geval is het niet moeilijk om aan te geven welke de voornaamste top der QRS-groep is, zie bijv. fig. 13 en 14 van proefpersoon *B.* Maar bij andere personen komen groote tijdsverschillen voor, bijv. treedt bij *H.* tijdens de uitademing de grootste top in afl. II bijna 0,012 sec. vroeger op dan in afl. III. Wij kunnen hier niet uitmaken, welke de hoofdtop is en of bij de inademing wel dezelfde top genomen is als bij de uitademing. Bij *H.* kan gedurende de inademing

zelfs niet aangegeven worden welke de voornaamste top van de QRS-groep bij afl. III is.

Toen wij ons onderzoek aanvingen bepaalden wij ons er toe de waarden van α en E in die phasen der hartsperiode vast te stellen, waarin de toppen P, T en de hoofdtop van de QRS-groep het grootst zijn. De daarvoor benoodigde metingen verrichtten wij met behulp van een meetmikroskoop. Het bleek ons evenwel, dat wij met het bepalen van α en E voor slechts enkele tijdstippen der hartsperiode geen bruikbare resultaten kregen. Wij zijn er daarom toe overgegaan een uitvoeriger onderzoek in te stellen, waarbij de richting en de manifeste grootte van het potentiaalverschil gedurende een geheele hartsperiode van oogenblik tot oogenblik bepaald werden. Het zou zeer veel tijd kosten de talrijke metingen, die hiervoor noodig zijn, met het meetmikroskoop uit te voeren. Wij hebben daarom een andere methode toegepast.

Van de te meten Ekgen werden diapositieven en nauwkeurig tienmaal vergroote photo's gemaakt. Op deze vergrootingen wordt de hoofdlijn geteekend. Dan is men bij het meten de hinderlijke takjes kwijt. Het aangeven van de hoofdlijn kan bij de kleinere toppen voldoende nauwkeurig en bij de groote zeer precies geschieden.

De diapositieven worden bij het meten zoodanig op de vergroote photo's gelegd, dat de ordinaten van de vergrooting samenvallen met de ordinaten van het positief. Men krijgt dan juist tienmaal den afstand van twee ordinaten van het diapositief, tusschen twee ordinaten van de vergrooting. Men kan dan, met de loupe aflezend, de grootten van de toppen zeer nauwkeurig in eenzelfde phase der hartsperiode meten. Een millimeterschaal zou niet gebruikt kunnen worden, omdat wel is waar de vergrooting nauwkeurig tienvoudig is, maar de afstand der ordinaten in het negatief niet precies met één millimeter overeenkomt.

Bij de zeer spitse toppen geschiedden de metingen langs iedere ordinaat van het diapositief, dus voor elke 0,004 seconde, bij de langzamer rijzende of dalende kregen wij reeds een goed inzicht in de veranderingen van α en E als wij de

grootten der snaarbeelduitslagen langs iedere derde ordinaat vaststelden.

De gevonden waarden ondergingen kleine correcties wanneer tijdens het registreeren de galvanometers niet precies de juiste gevoeligheid hadden. Indien gelijktijdige uitslagen daarna niet aan de formule afl. II = afl. I + afl. III voldeden, werden zij met deze formule in overeenstemming gebracht door de geringe fout gelijkelijk over de drie uitslagen te verdeelen naar verhouding hunner grootten.

Wij zullen eerst richting en manifeste grootte der potentiaalverschillen, die gedurende een contractie in het hart van personen met normale Ekgen aanwezig zijn, bespreken en daarna de veranderingen, die α en E tengevolge van de geforceerde ademhaling ondergaan.

HOOFDSTUK II.

α en E bij het normale Ekg.

Om een duidelijk overzicht te krijgen van de richting en de manifeste grootte van het potentiaalverschil gedurende een geheele hartsperiode of gedurende een gedeelte daarvan, hebben wij de waarden van α en E nauwkeurig in graphieken op millimeterpapier weergegeven.

In deze graphische voorstellingen is de tijd langs de horizontale lijnen van het papier aangegeven en voor den afstand van twee ordinaten 0,004 sec. gekozen.

Op elk der vertikale lijnen wordt een punt zoodanig geplaatst, dat zijn afstand tot een horizontale 0-lijn de manifeste grootte voorstelt van het potentiaalverschil op het oogenblik dat de ordinaat aangeeft. Wij hebben hierbij aan 1 deelstreep van de ordinaat de waarde van 1×10^{-5} Volt gegeven. De punten door een vloeiende lijn verbindend, verkregen wij een kromme, die in het vervolg kortweg E-kromme genoemd wordt.

Ook wordt op hetzelfde stuk papier langs een verticale lijn een gradenschaal geteekend. Deze is zoo ingericht, dat van het punt dat 0° aanwijst af, voor iederen millimeter met 2 graden opklimmend, naar boven de hoeken met het — teeken, naar beneden die met het + teeken gevonden worden. Op iedere ordinaat wordt nu het punt aangestipt dat de grootte aangeeft van den hoek α op het moment dat de ordinaat voorstelt. De lijn, welke deze stippen verbindt, hebben wij verder met α-kromme aangeduid.

Aldus vervaardigde teekeningen, photographisch $^2/_3 \times$ verkleind, zijn in dit proefschrift gereproduceerd.

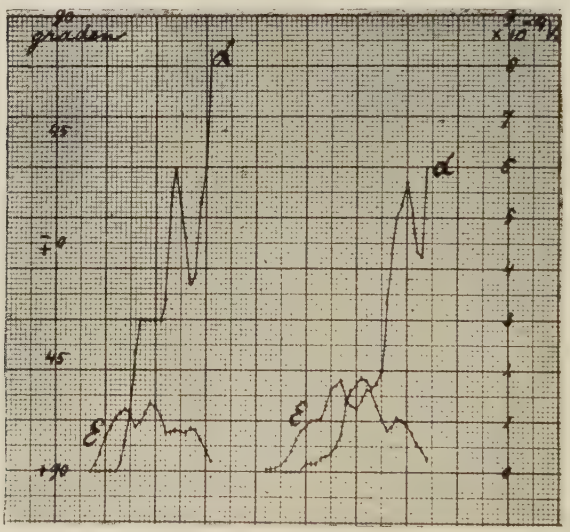
Wij hebben ons alleen beziggehouden met de studie van α en E van de duidelijk gevormde toppen van het Ekg, dus

van P, QRS-groep en T. Van de zeer geringe verheffingen, die tusschen deze toppen voorkomen, konden de waarden van α en E niet bepaald worden.

A. P-top.

In de figuren 21, 22, 23 en 24 reproduceeren wij krommen, die aangeven welke richtingen en manifeste grootten de potentiaalverschillen hebben, die in de harten van een viertal proefpersonen gedurende hunne P-toppen aanwezig zijn.

Fig. 21. Fig. 22.



Graphische voorstelling van de waarden van $L\ \alpha$ en E gedurende het optreden van den P-top resp. van *v. E.* en *Kw.*

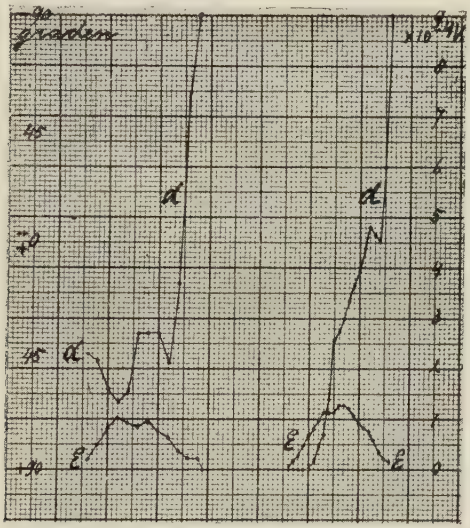
Absc. 1 schaaldeel = 0,004 sec.

1 Schaaldeel van de ordinaat komt voor de α-krommen overeen met 2 graden, voor de E-krommen met 10^{-5} V.

De α -krommen zijn gecompliceerd. Bij het eerste begin der contractie der voorkamers vinden wij, dat het potentiaalverschil naar beneden gericht is. In den regel bedraagt $L\ \alpha$ dan $+ 90°$, d.w.z. P_I begint dikwijls later dan P_{II} en P_{III}. Bij

een enkelen proefpersoon — zie fig. 23 — is de aanvangsrichting + 44°. Gedurende de samentrekking der voorkamers draait het potentiaalverschil, door kleinere draaibewegingen in positieven zin onderbroken, in hoofdzaak in negatieve richting. Tijdens het voornaamste gedeelte van de atriumcontractie varieert zijn richting tusschen + 90° en 0°. Soms houdt de

Fig 23. Fig. 24.



Graphische voorstelling van de waarden van $L\alpha$ en E gedurende het optreden van den P-top resp. van *G.* en *H.*

Absc. 1 schaaldeel = 0,004 sec.

1 Schaaldeel van de ordinaat komt voor de α-krommen overeen met 2 graden en voor de E-krommen met 10^{-5} V.

draaiing voor korten tijd op, waardoor dan in de α-kromme een vlak gedeelte voorkomt. Bij het einde der systole heeft het in het geheel een hoek van 120 tot 180 graden afgelegd.

De waarden, die voor α en E gevonden werden, maken geen aanspraak op groote nauwkeurigheid. De P-toppen zijn klein en meestal weinig eenvoudig. Voor een onderzoek, speciaal den P-top betreffende, zou men de galvanometers eenige

malen gevoeliger moeten maken. Zij zouden dan nog voldoende snel zijn om den top evenveel malen grooter, zonder eenige vervorming, te kunnen schrijven.

B. QRS-groep.

Wij kunnen enkele, door karakteristieke kenmerken van elkander verschillende, typen van α-krommen van de QRS-groep bij onze proefpersonen onderscheiden.

Bespreken wij van elk dezer een voorbeeld.

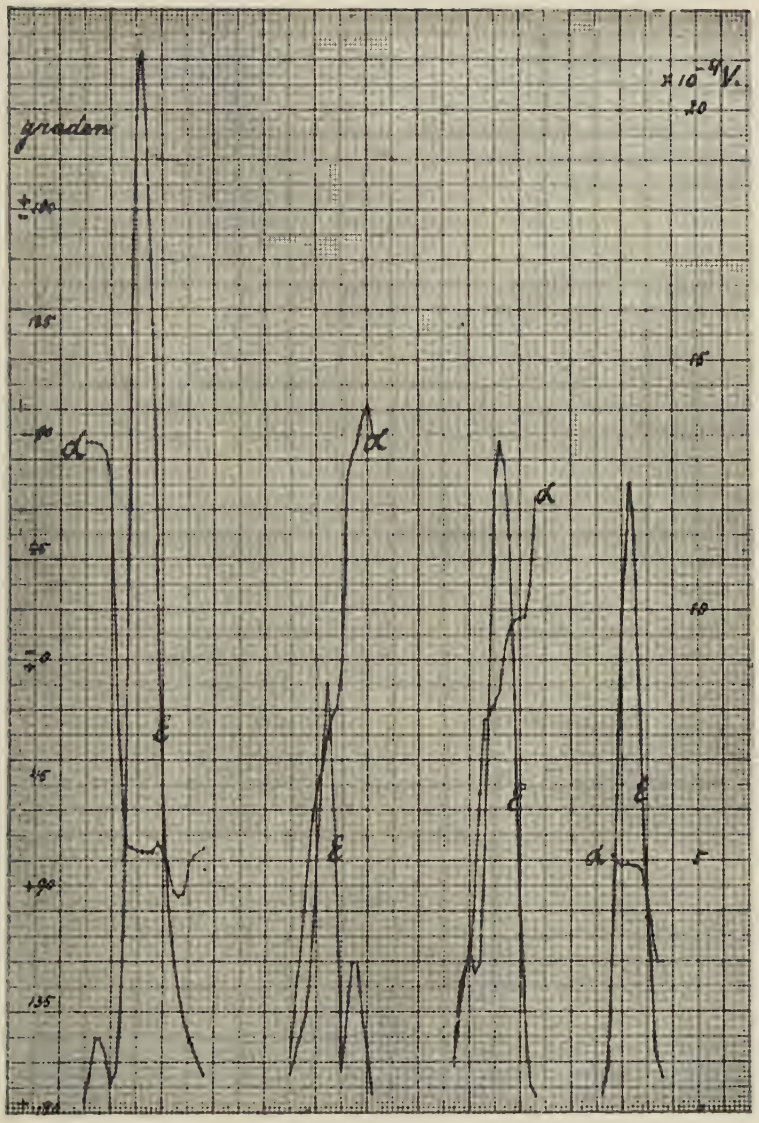
Fig. 25 geeft de α- en E-kromme van proefpersoon *d. G.* weer, zijn Ekg is reeds in fig. 15 gereproduceerd. De figuur laat zien dat het potentiaalverschil, hetwelk bij den aanvang der groep gedurende een korten tijd een richting van ongeveer —90° heeft, daarna snel in positieven zin gaat draaien, totdat een stand is bereikt, die tijdens den hoofdtop nagenoeg niet verandert en door hoeken, schommelende tusschen + 73° en + 77° wordt aangegeven. Daarna volgt nog een kleine draaibeweging. In het geheel wordt een hoek van ongeveer 180° doorloopen.

In fig. 26 zijn de α- en E-kromme van proefpersoon *G.* afgebeeld, wiens Ekg in fig. 29 is weergegeven. — De extrasystole, die in deze figuur voorkomt, wordt later besproken. — Gedurende de geheele QRS-groep, dus ook tijdens haar voornaamsten top, draait het potentiaalverschil zonder ophouden snel in negatieven zin. Totaal beschrijft het een hoek van bijna 270°. Toch laat de α-kromme in de phase dat de manifeste waarden groot zijn, wel een iets minder steil oploopend gedeelte onderkennen, zoodat ook bij dezen proefpersoon de hoofdtop zich nog eenigszins door een vertraging der draaiing van de rest der QRS-groep onderscheidt.

Veel duidelijker komt dit verschijnsel uit bij de in fig. 27 weergegeven α-kromme van proefpersoon *H.* Deze kromme en de in fig. 26 afgebeelde behooren tot hetzelfde type. Het Ekg van *H.* is reeds in fig. 20 gereproduceerd.

Gaan wij nu na welke waarde bij beide typen $\angle\, \alpha$ heeft

Fig. 25. Fig. 26. Fig. 27. Fig. 28.



Graphische voorstelling van de waarden van *L* α en E gedurende het optreden der QRS-groep resp van *d. G.* (fig. 25), *G.* (fig. 26). *H.* (fig. 27) en *B.* (fig 28).

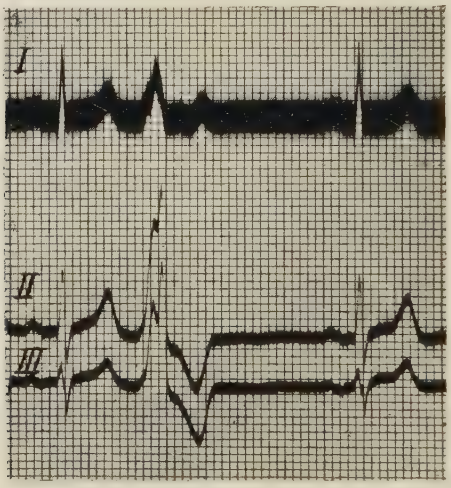
Absc. 1 schaaldeel = 0,004 sec.

1 Schaaldeel van de ordinaat komt voor de α-krommen overeen met 2 graden en voor de E-krommen met 10^{-5} V.

op het oogenblik dat het potentiaalverschil der groep het grootst is.

Bij proefpersoon *d. G.* (fig. 25) is $\angle \alpha$ dan $+ 77°$. Een hoek van ongeveer dezelfde grootte wordt aangetroffen bij de overige proefpersonen wier α-krommen tot het bij *d. G.* gevonden type behooren.

Fig. 29.



Gelijktijdig bij 3 afleidingen opgenomen Ekgen van *G.*
Absc. 1 schaaldeel = 0,04 sec.
Ordin. 1 schaaldeel = 10^{-4} V.

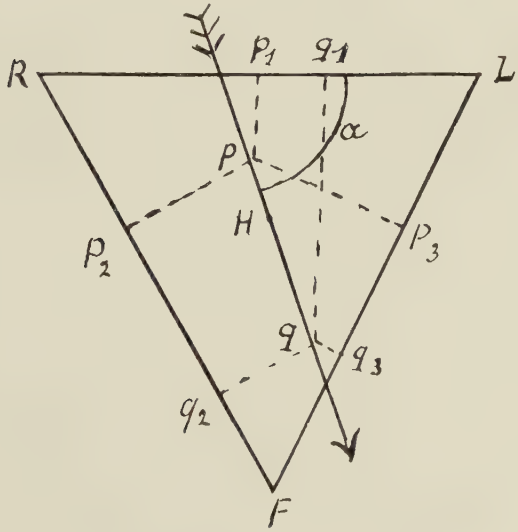
Bij *G.* (fig. 26) heeft α_{QRS} een kleinere waarde, n.l. $+ 31°$. Personen wier α-krommen op die van *G.* gelijken, toonen grootere variaties in de richting van hun maximum-potentiaalverschil, maar welke richting het ook moge hebben steeds is α_{QRS} bij hen kleiner dan $+ 77°$.

De Ekgen van beide proefpersonen verschillen duidelijk van elkander. Bij het Ekg van *d. G.* vallen de spitsen der hoogste toppen van de QRS-groep in de drie afleidingen nauwkeurig op hetzelfde oogenblik, de QRS-groep is eenvoudig. *G.*'s QRS-groep is gecompliceerd: de hoofdtoppen treden niet in

hetzelfde tijdstip op, QRS_{II} komt bijv. 0,02 sec. voor QRS_{III}. Regelmatig vonden wij dat constant blijven van α gedurende den voornaamsten top en eenvoudig zijn der QRS-groep samengaan, eveneens sterk varieeren van den hoek en gecompliceerd zijn der groep.

Men kan dit gemakkelijk verklaren met behulp van het schema van den gelijkzijdigen driehoek. In dit schema [1]), dat wij hieronder in fig. 30 nog eens weergeven, stelt de lengte van p q de grootte van E voor, de lengten der projecties p_1 q_1, p_2 q_2 en p_3 q_3 van p q op de zijden van den driehoek de grootten der snaarbeelduitslagen bij de drie afleidingen. De hoek die p q met R L maakt is $\angle\ \alpha$.

Fig. 30.



Blijft $\angle\ \alpha$ gelijk, dan worden de lengten der drie projecties grooter als p q langer wordt en kleiner als p q korter wordt. Gelijktijdig bereiken de drie projecties haar grootste lengten op het moment dat p q het langst is.

---

[1]) Zie I, blz. 308.

Hoe veranderen de afmetingen van p_1 q_1, p_2 q_2 en p_3 q_3, wanneer niet alleen de lengte van p q verandert, maar p q tevens om het punt H draait, m.a.w. $L\ \alpha$ verandert?

Door de draaiing alleen worden òf twee der projecties langer en één korter òf twee korter en één langer, maar nooit nemen zij daarbij alle drie gelijktijdig toe of af. Wanneer nu bovendien p q eerst grooter en daarna kleiner wordt, kunnen zijn projecties alleen dan op hetzelfde oogenblik haar grootste afmetingen hebben als de lengteverandering van p q op zoodanige wijze plaats heeft, dat zij den invloed van de draaiing van p q overtreft.

Wij hebben bij ons onderzoek, dat een betrekkelijk klein aantal normale Ekgen betrof, een dergelijk geval niet waargenomen.

Wanneer α gedurende den hoofdtop constant is, ziet men dikwijls dat de QRS-groep bij afl. II en III begint met een benedenwaarts gerichten top, terwijl het snaarbeeld dat het Ekg bij afl. I schrijft, in deze phase nog nauwelijks eenig potentiaalverschil aanwijst (zie fig. 15). In een dergelijk geval is de aanvangsrichting van het potentiaalverschil korten tijd ongeveer —90°, zoodat de **α-kromme met een horizontaal** loopend gedeelte begint (fig. 25).

Soms blijft de waarde van $L\ \alpha$ bijna onmiddellijk van het begin der groep af nagenoeg constant. Dan bestaat de geheele QRS-groep in elk der drie afleidingen uit een enkelen top. Een voorbeeld hiervan geven de Ekgen van proefpersoon *B.*, die in fig. 13 gereproduceerd zijn. De **α- en *E*-kromme van dezen** proefpersoon laat fig. 28 zien.

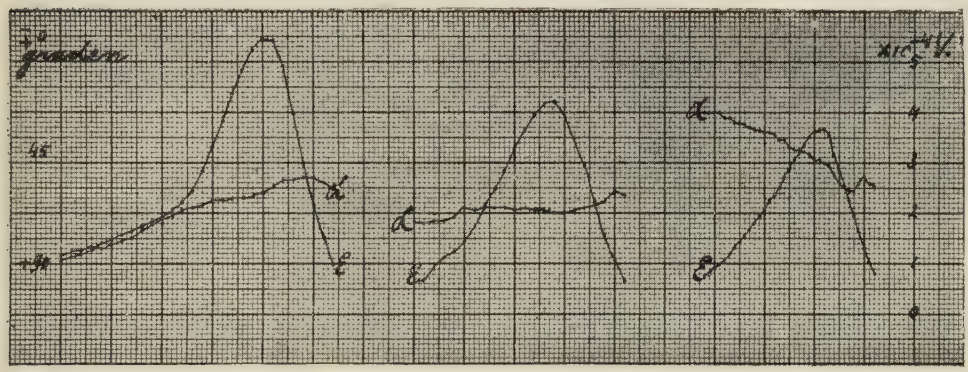
Wat ten slotte de manifeste maximumgrootte der QRS-groep betreft, in den regel vindt men de grootste waarden van *E* bij die personen wier α-krommen tot het eerst beschreven type behooren. Men vergelijke bijv. de grootste waarde van *E* in fig. 25 met die in fig. 26.

Nog andere verschillen tusschen de Ekgen van personen, waarvan de α-krommen tot verschillende typen behooren, worden in de beide volgende hoofdstukken vermeld.

C. T-top.

De figuren 31, 32 en 33 beelden de krommen af, die de grootten van $L\,\alpha$ en E van top T van oogenblik tot oogenblik aangeven bij de personen *G.*, *d. G.* en *H.* Van hen zijn ook de in de figuren 25, 26 en 27 weergegeven teekeningen afkomstig.

Fig. 31. Fig. 32. Fig. 33.



Graphische voorstelling van de waardenverandering van $L\,\alpha$ en E gedurende het optreden van den T-top resp. van G. (fig. 31), d. G. (fig. 32) en H. (fig. 33).

Absc. 1 schaaldeel = 0,004 sec.

1 Schaaldeel van de ordinaat komt voor de α-krommen overeen met 2 graden, voor de E-krommen met 10^{-5} V.

Wij zien dat er langzame draaiingen van het potentiaalverschil plaats hebben, die bij *G.* in positieven, bij *H.* in negatieven zin geschieden. Bij *d. G.* blijft de richting gedurende het voornaamste gedeelte van den top ongeveer dezelfde.

Bij alle onderzochte normale Ekgen hebben de hoeken α zoolang de T-top duurt, waarden die grooter dan 0° en kleiner dan + 90° zijn.

Voor de richting van het maximale potentiaalverschil vindt men hoeken (α_T) van + 62, + 70 en + 50 graden. Bij den eenen proefpersoon is zijn $L\,\alpha_T$ grooter, bij den anderen kleiner dan zijn $L\,\alpha_{QRS}$.

Wij konden aan de α-krommen van den T-top van perso-

nen, wier α-krommen der QRS-groep tot verschillende typen behooren, geen constant voorkomende kenmerken vinden, waardoor zij zich van elkander onderscheiden.

De E-krommen geven geen aanleiding tot opmerkingen.

HOOFDSTUK III.

Invloed van de verdiepte adembeweging.

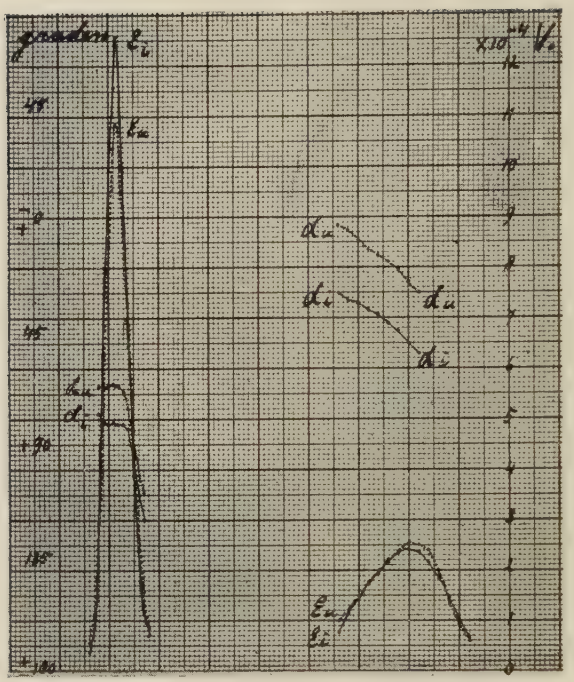
Ten einde den invloed van de verdiepte adembeweging te bestudeeren, maakten wij teekeningen, waarbij wij de α- en E-krommen van een top bij uiterste in- en exspiratie in hetzelfde coördinatensysteem teekenden. Daarbij zetten wij de waarden van E bij in- en bij uitademing van eenzelfde 0-lijn af uit en maakten bij het teekenen van de α-krommen bij beide adembewegingsphasen van dezelfde gradenschaal gebruik. Wij zorgden er voor dat in de 4 krommen eenzelfde ordinaat het tijdstip voorstelt, waarop de top zijn manifeste maximumgrootte bereikt. Wederom is 1 schaaldeel der abscissen 0,004 sec., 1 schaaldeel der ordinaten bij de E-krommen 0,01 millivolt en bij de α-krommen 2 graden.

In fig. 34 is een op deze wijze vervaardigde teekening afgebeeld, die α- en E-krommen van de QRS-groep en van den T-top van proefpersoon B. bij inademing — getrokken lijnen — en bij uitademing — gestippelde lijnen — vertoont.

Deze krommen, en eveneens die welke op dezelfde wijze bij onze overige proefpersonen werden verkregen, laten zien dat bij de uitademingsbeweging het potentiaalverschil in negatieven zin draait. Inspiratorische en exspiratorische α-krommen loopen gedurende het grootste gedeelte van den hoofdtop der QRS-groep en van den T-top ongeveer evenwijdig. Zoolang een top duurt heeft dus voor ieder willekeurig oogenblik het verschil $\alpha_{\text{exspir.}} - \alpha_{\text{inspir.}}$, hetwelk de draaiing β meet, die bij de uitademingsbeweging plaats heeft, vrijwel dezelfde waarde.

De grootte van β is bij den hoofdtop een andere dan

Fig. 34.



Graphische voorstelling van de waarden van $L\,\alpha$ en E gedurende het optreden der QRS-groep — links in de figuur — en van den T-top — rechts in de figuur — van proefpersoon *B.* bij in- en bij uitademing. De getrokken lijnen geven de inspiratorische, de gestippelde de exspiratorische krommen weer.

Absc. 1 schaaldeel = 0,004 sec.

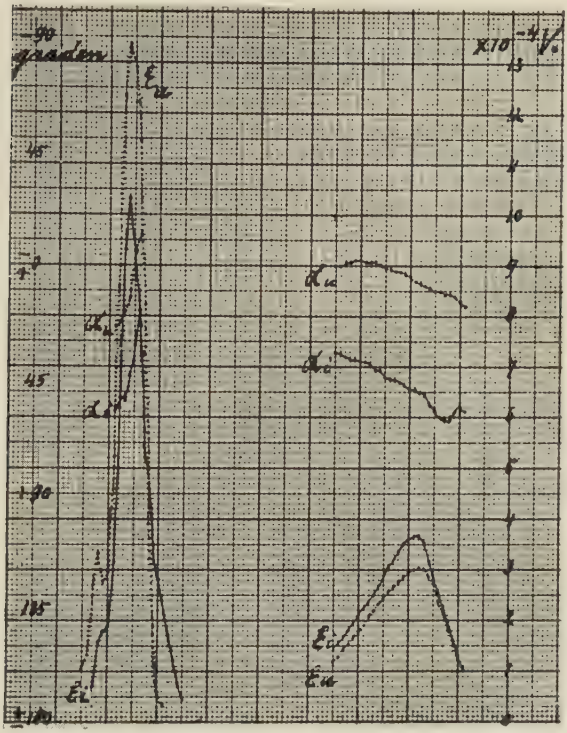
1 Schaaldeel van de ordinaat komt voor de α-krommen overeen met 2 graden, voor de E-krommen met 10^{-5} V.

bij den T-top, bij alle proefpersonen vonden wij dat de hoofdtop minder draait dan T.

Het grootste potentiaalverschil van den T-top en dat van de QRS-groep hebben niet dezelfde richting. Het verschil $\alpha_T - \alpha_{QRS}$ kan in den stand van diepste inademing zoowel een positieve als een negatieve waarde hebben, in den stand van grootste uitademing was het steeds negatief.

De manifeste maximumwaarde van de QRS-groep, QRS_m, wordt bij de diepe adembewegingen min of meer gewijzigd; men vindt QRS_m nu eens het grootst bij inspiratie, dan bij exspiratie. Onbelangrijke veranderingen ondergaat QRS_m bij de proefpersonen, wier hoek α gedurende den hoofdtop een ongeveer constante grootte heeft. Bij slechts één persoon bij

Fig. 35.



Graphische voorstelling van de waarden van $L\,\alpha$ en E gedurende het optreden der QRS-groep — links in de figuur — en van den T-top — rechts in de figuur — van proefpersoon *H.* bij in- en bij uitademing. De getrokken lijnen geven de inspiratorische, de gestippelde de exspiratorische krommen weer.

Absc. 1 schaaldeel = 0,004 sec.

1 Schaaldeel van de ordinaat komt voor de α-krommen overeen met 2 graden, voor de E-krommen met 10^{-5} V.

wien deze hoek dan sterk varieert, konden wij ademhalingsproeven uitvoeren. Wij namen bij hem — proefpersoon H. — een aanzienlijke vergrooting van QRS_m bij de uitademingsbeweging waar. Fig. 35 geeft de teekening, samengesteld uit zijn inspiratorische en exspiratorische α- en E-krommen van de QRS-groep en den T-top weer.

Duidelijk komt het verschil uit tusschen de manifeste waarden van den hoofdtop bij in- en bij uitademing. De twee steil opgaande α-krommen van den hoofdtop loopen nagenoeg evenwijdig, eveneens de beide α-krommen van den T-top.

De grootste manifeste waarde van T verandert ook bij de adembeweging. Het is opvallend dat waar QRS_m toeneemt, T_m afneemt en omgekeerd wordt QRS_m kleiner als T_m grooter wordt.

De resultaten der metingen, verricht aan de P-toppen zijn niet nauwkeurig genoeg om de grootte van β te leeren kennen, evenmin zijn zij geschikt om de waarden van E in beide uiterste standen der adembeweging te vergelijken. Alleen kunnen wij met zekerheid bevestigen wat reeds vroeger [1]) is waargenomen, n.l. dat de draaiing van het potentiaalverschil bij de uitademingsbeweging ook bij den P-top steeds in negatieve richting plaats heeft. Wij zullen den P-top in dit hoofdstuk verder buiten beschouwing laten.

Hiernaast vindt men een tabellarisch overzicht der uitkomsten van het vergelijken van de inspiratorische met de exspiratorische krommen onzer proefpersonen.

---

[1]) Zie I, blz. 299.

TABEL I.

PROEFPERSOON	Manifeste grootte E in tienden van een millivolt en verhouding van de manifeste grootte bij uitademing tot die bij inademing: $\frac{E \text{ bij uitademing}}{E \text{ bij inademing}}$		Richting van het resulteerend potentiaalverschil α en draaiing bij de uitademing β.		Verschil tusschen de draaiing van den T-top en de QRS-groep bij de uitademing: $\beta_T - \beta_{QRS}$	Verschil $\alpha_T - \alpha_{QRS}$	Hartsfrequentie in slagen per minuut
	QRS	T	QRS	T			
d.G., Inspir. .	21,18 } 0,91	4,21 } 1,16	77° } — 9,5°	70° } — 20°	— 10,5°	— 7°	53
„ , Exspir. .	91,34	4,88	67,5°	50°		— 17,5°	81
W., Inspir. .	21,44 } 1,04	3,56 } 0,89	82° } — 3°	91° } — 17°	— 14°	9°	85
„ , Exspir. .	22,21	3,17	79°	74°		— 5°	122
B., Inspir. . .	12,53 } 0,87	2,41 } 1,06	82° } — 15°	50° } — 24°	— 9°	— 32°	97
„ , Exspir. .	10,86	2,55	67°	26°		— 41°	85
H., Inspir. . .	10,3[illegible] } 1,30	3,69 } 0,82	43° } — 31°	7° } — 43°	— 12°	7°	65
„ , Exspir. .	13,38	3,02	12°	50°		— 5°	115

In die gevallen, waarin wij bij in- en bij uitademing gelijke manifeste grootten van den voornaamsten top der QRS-groep **vinden, mogen wij aannemen dat de waarde van β_{QRS} de draaiing meet die de kamers om een sagittale as maken.**

Bij de proefpersonen *W., de G.* en *B.* zal dus het richtingsverschil van de QRS-groep vrijwel deze draaiing meten. In onderstaande tabel II zijn de hoeken, die door middel van de Röntgenphotographie en de electrocardiographie werden gevonden, naast elkaar geplaatst.

TABEL II.

Proefpersoon	Draaiingshoek volgens de Röntgenphoto's	Draaiingshoek volgens de Ekgen
W.	klein	— 3°
d. G.	— 9°	— 9,5°
B.	— 15°	— 16,9*)

Er bestaat een bevredigende overeenstemming tusschen de grootten van de hoeken, die op beide wijzen bepaald werden.

Bij proefpersoon *H.* echter neemt QRS_{III} bij de uitademing belangrijk toe. Daarom kan het Ekg de draaiing zijner kamers **niet meten.** β_{QRS} bedraagt 31 graden. Deze waarde is opvallend veel grooter dan die, welke bij de andere proefpersonen werd gevonden.

De T-top van *H.* draait eveneens veel meer, $\beta_T = 43°$. Het verschil tusschen de draaiing van zijn top T en die van zijn QRS-groep heeft een grootte, welke niet afwijkend is.

Aan de Röntgenopnamen kon evenmin de draaiing van de

*) Nadat de waarde van β de op blz. 28 vermelde correctie ondergaan heeft.

kamers van *H.* gemeten worden, omdat de rand van de schaduw der linker kamer bij inademing een anderen vorm had dan bij uitademing en wij dus de teekeningen van inspiratorische en exspiratorische photo niet zoodanig op elkander konden leggen dat deze schaduwranden elkander bedekken. Wel kan men aan de photo's zien, dat de kamers een flinke verplaatsing ondergaan.

Hoe moet het afwijkende gedrag van het hart van *H.* verklaard worden?

Wij willen de aandacht vestigen op den tijd, die verstrijkt tusschen de oogenblikken waarop de hoofdtop der QRS-groep en de T-top hunne manifeste maximumgrootte hebben. Tabel III geeft een overzicht van den duur van dit tijdsinterval en van het aantal hartslagen per minuut in beide phasen der adembeweging.

TABEL III.

Proefpersoon	Tijdsinterval tusschen den hoofdtop der QRS-groep en den T-top in duizendsten van een seconde.		Hartsfrequentie in slagen per minuut.	
	Inspiratie	Exspiratie	Inspiratie	Exspiratie
d. G.	248	248	53	81
B.	234	234	97	85
W.	212	204	85	112
H.	232	216	65	115

Bij *H.* is het tijdsinterval bij inspiratie merkbaar langer dan bij exspiratie, een dergelijk, maar kleiner verschil komt ook bij *W.* voor. Bij hen is de hartsfrequentie tijdens de exspiratie

zeer vermeerderd. Bij de overige proefpersonen heeft het interval in beide adembewegingsphasen precies denzelfden duur. Zooals bekend is wordt eerst bij groote versnelling van den hartslag de duur van de systole iets verkort. Het is duidelijk, dat de hartscontracties van *H.* bij in- en uitademing niet geheel gelijk zijn. Toch kan ongelijkheid van dat deel der resulteerende potentiaalschommeling dat de QRS-groep veroorzaakt, niet de oorzaak zijn van het verschil tusschen QRS_m bij in- en bij uitademing, want bij proefpersoon *W.*, bij wien dergelijke verschillen tusschen beide kamercontracties ook voorkomen, blijft de manifeste waarde der groep juist practisch gelijk.

Wij merken nog op dat de wisselingen in vagustonus, die bij de verdiepte ademhaling optreden, stellig geen rol spelen. Deze laten, zooals vroegere waarnemingen bij vagusdoorsnijding en vagusprikkeling [1]) aantoonden, de grootte van den hoogsten top der QRS-groep onveranderd.

Er bestaat voldoende grond om aan te nemen, dat de grootte van het resulteerend potentiaalverschil bij de diepe ademhaling constant blijft. Veranderingen van zijn manifeste waarde, die een relatieve maat is voor de grootte van het potentiaalverschil dat in het *frontale* vlak heerscht, kunnen dan nog ontstaan als de hoek, dien het resulteerend potentiaalverschil met dat vlak maakt, verandert. Dit geschiedt als de kamers een andere draaiing maken dan die om een sagittale as. Ook zullen tengevolge van een dergelijke beweging bij in- en bij uitademing verschillende gedeelten van den wand der linker kamer aan den rand van haar Röntgenschaduw worden afgebeeld.

Wij vermeldden reeds dat ook bij onze overige proefpersonen QRS_m niet geheel constant blijft. Ook bij hen moeten wij ter verklaring hiervan aannemen dat de hoek tusschen het resulteerend potentiaalverschil en het frontale vlak min of meer gewijzigd wordt. Dat de waarde van de breuk $\frac{QRS_m \text{ bij uitademing}}{QRS_m \text{ bij inademing}}$ des te meer van 1 afwijkt naarmate de

[1]) *B. Vaandrager*, Verdere onderzoekingen over het electrocardiogram, Dissertatie, Leiden, 1907.

draaiing van het potentiaalverschil in het frontale vlak grooter is, — zie tabel I —, pleit ook hiervoor. Al wordt dan bij hen in de beide uiterste standen der adembeweging de begrenzingslijn der Röntgenschaduw van de linker kamer niet nauwkeurig door hetzelfde gedeelte van haar wand gevormd, toch blijkt de hoek, dien de beide linker kamerbogen met elkaar vormen, weinig te verschillen van den hoek, die de draaiing van het potentiaalverschil in het frontale vlak meet.

De uitkomsten van ons onderzoek worden op bevredigende wijze uitgelegd door de vroeger gegeven verklaring van de veranderingen, die de hoofdtop der QRS-groep in de drie afleidingen bij de geforceerde ademhaling ondergaat, n.l. dat zij een gevolg zijn van de draaibeweging die de kamers maken [1]). Wij kunnen echter niet aannemen dat de kamerdraaiing eenvoudig om een sagittale as geschiedt.

Een door *Lewis* gepubliceerd onderzoek [2]) kunnen wij thans bespreken.

Lewis verrichtte electrocardiographische en Röntgenphotographische onderzoekingen over de draaiing van het hart bij de adembeweging bij een patiënt, bij wien eenige jaren te voren een geweerkogel in het septum ventriculorum was gedrongen. Terwijl wij ons aan den schaduwrand van de linker kamer oriënteerden om de draaiing Röntgenphotographisch na te gaan, gebruikte *Lewis* daarvoor de as van het schaduwbeeld van den kogel. Voor het meten van de draaiing van den hoofdtop der QRS-groep bezigde hij na elkander geregistreerde Ekgen.

Bij den staanden proefpersoon stelde *Lewis* vast, dat er een goede overeenstemming bestond tusschen de grootten van de hoeken, die volgens beide methoden werden bepaald. Wanneer de proefpersoon zat, was er geen overeenstemming; met de Röntgenphotographie werd een draaiingshoek gevonden, on-

---

[1]) *W. Einthoven, G. Fahr* und *A. de Waart*, l. c.

[2]) *Th. Lewis*, Movement of the heart's axis with respiration. Heart, 1923, Vol. X, No. 3, p. 257.

geveer gelijk aan die in staande houding, maar de electrocardiographisch gemeten hoek was nu veel grooter.

Uit de tabellen van *Lewis* kan men berekenen, dat bij den zittenden persoon een groot verschil tusschen de manifeste grootte van den hoofdtop der QRS-groep bij in- en bij uitademing bestaat, zoodat de breuk $\frac{QRS_m \text{ bij inademing}}{QRS_m \text{ bij uitademing}}$ een waarde van 0,70 heeft; in staande houding bedraagt zij nog 0,82.

Wij zouden aan de uitkomsten van *Lewis'* onderzoek meer waarde kunnen toekennen, wanneer hij voor het bepalen van de richting van het potentiaalverschil van den voornaamsten top der QRS-groep gelijktijdig opgenomen Ekgen gebruikt had.

Veranderingen in de manifeste maximumgrootte van den T-top bij de ademhaling kunnen door verschillende invloeden teweeggebracht worden. Vroeger [1]) is reeds gewag gemaakt van den invloed, welke vagustonusveranderingen op de grootten der T-toppen uitoefenen: vermeerdering van het aantal hartslagen, afname van den vagustonus, gaat met toename van T_m gepaard. Vergelijking van de opgaven in de tweede kolom van tabel I met die in de laatste, leert dat bij onze proefpersonen de veranderingen van T_m bij de adembeweging niet uitsluitend aan wijzigingen in vagustonus kunnen worden toegeschreven. Andere invloeden moeten zich bovendien nog doen gelden.

Meerdere verschijnselen wijzen op het bestaan van een verband tusschen de grootte van den T-top en de kracht, waarmede de hartspier zich samentrekt. De groote verschillen in bloedsvulling van het hart, die door de langzame, diepe adembewegingen noodzakelijk worden teweeggebracht, kunnen oorzaak zijn dat de kracht van de hartscontracties, en daardoor de afmetingen der T-toppen, veranderingen ondergaan.

Ook moet men er aan denken dat T*m* verandert wanneer

---

[1]) Zie I, blz. 307.

de hoek tusschen het resulteerende potentiaalverschil en het frontale vlak gewijzigd wordt.

Vroeger [1]) heeft men, uitgaande van het denkbeeld dat de T-top en de hoofdtop der QRS-groep door de beweging van het hart evenveel graden gedraaid worden, aangenomen dat het verschil $\beta_T - \beta_{QRS}$ aan den veranderden vagustonus moet worden toegeschreven. Ware dit zoo, dan moeten wij verwachten, dat de draaiing van T kleiner is dan van den hoofdtop der QRS-groep wanneer de hartsfrequentie bij de exspiratie is toegenomen en dat β_T grooter is dan β_{QRS} wanneer in deze phase der adembeweging het aantal hartslagen is afgenomen. Immers het is gebleken dat bij vermindering van den vagustonus T in positieve richting gedraaid wordt [2]). In werkelijkheid vonden wij, — zie tabel I — β_T steeds grooter dan β_{QRS} terwijl toch de frequentie van den hartslag bij de exspiratie bij drie proefpersonen vermeerderde, bij een slechts weinig verminderde.

Nemen wij het standpunt in, dat de draaiing van den T-top alleen afhangt van de beweging van het hart en van den vagustonus, dan zijn wij genoodzaakt aan te nemen, dat de T-top en de voornaamste top der QRS-groep door de beweging van het hart in ongelijke mate gedraaid worden. Dit is mogelijk als het hart draait om een as, die niet loodrecht op het frontale vlak staat. Wij mogen niet onvermeld laten dat reeds in een vroegere publicatie [3]) gedacht is aan de mogelijkheid, dat de beweegbaarheid van de kamers in verschillende phasen harer contractie zou kunnen verschillen en daardoor de draaiingen van den T-top en de QRS-groep ongelijk zouden kunnen zijn. *Lewis* [4]) deed bij zijn Röntgenonderzoek waarnemingen, die deze veronderstelling schijnen te steunen.

Maar het is beter om te erkennen, dat wij de factoren, die de draaiing van T beheerschen, nog niet voldoende kennen.

---

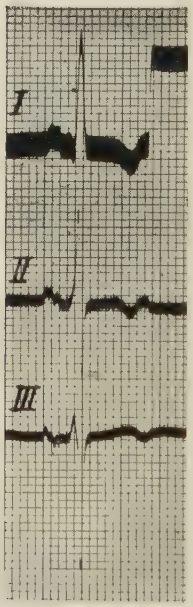
[1]) Zie I, blz. 299.
[2]) Zie I, blz. 306—307.
[3]) Zie I, blz. 299—300.
[4]) *Lewis*, l. c.

HOOFDSTUK IV.

Gelijktijdig geregistreerde Ekgen in eenige pathologische gevallen.

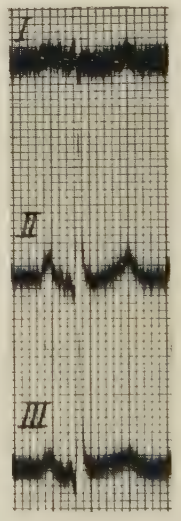
De beschreven methode om α en E van oogenblik tot oogenblik te bepalen, hebben wij bij eenige abnormale Ekgen toegepast. Van de uitkomsten, hierbij verkregen, zijn wederom

Fig. 36.



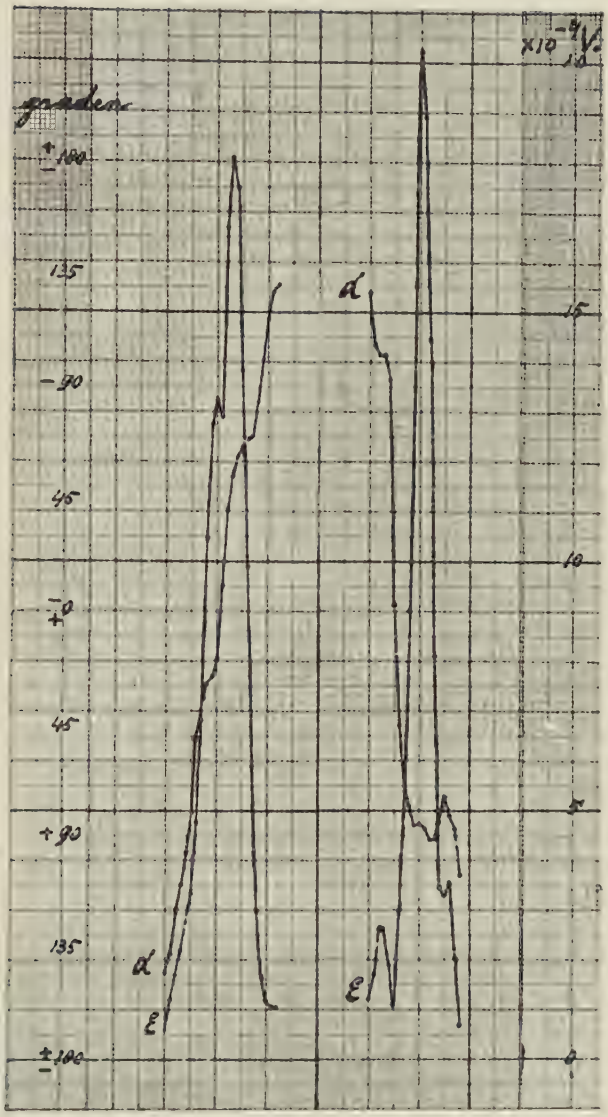
Gelijktijdig bij 3 afleidingen opgenomen Ekgen van *v. E.*
Absc. 1 schaaldeel = 0,04 sec.
Ordin. 1 schaaldeel = 10^{-4} V.

Fig. 37.



Gelijktijdig bij 3 afleidingen opgenomen Ekgen van *M. H. d. G.*
Absc. 1 schaaldeel = 0,04 sec.
Ordin. 1 schaaldeel = 10^{-4} V.

Fig. 38. Fig. 39.



Graphische voorstelling van de waarden van L α en E gedurende de QRS-groep., resp. van *v. E.* (fig. 38) en *M. H d. G* (fig. 39)

Absc. 1 schaaldeel = 0,004 sec.

1 Schaaldeel van de ordinaat komt voor de α-krommen overeen met 2 graden, voor de E-krommen met 10^{-5} V.

graphische voorstellingen gemaakt op de wijze, die in het voorlaatste hoofdstuk is medegedeeld.

Fig. 36 geeft de Ekgen van patiënt *v. E.* weer, die aan het ziektebeeld der z.g. essentieele hypertensie leed en een sterke hypertrophie van de linker kamer vertoonde. Fig. 37 reproduceert Ekgen van patiënt *M. H. de G.*, bij wien een overwicht van de rechter kamer bestond. De α- en *E*-krommen van de QRS-groep dezer beide proefpersonen zijn in de figuren 38 en 39 afgebeeld.

Bij den patiënt met den hypertrophischen linker ventrikel draait het potentiaalverschil tijdens de QRS-groep snel in negatieven zin.

Bij den aanvang is $L\,\alpha + 145°$, bij het einde ongeveer $-130°$, zoodat het potentiaalverschil gedurende de QRS-groep een hoek van ongeveer 275° heeft doorloopen. Omstreeks het tijdstip waarop het zijn maximale grootte bereikt, verandert zijn richting wat langzamer. Op het oogenblik dat *E* het grootst is, heeft hoek α een waarde van $-54°$.

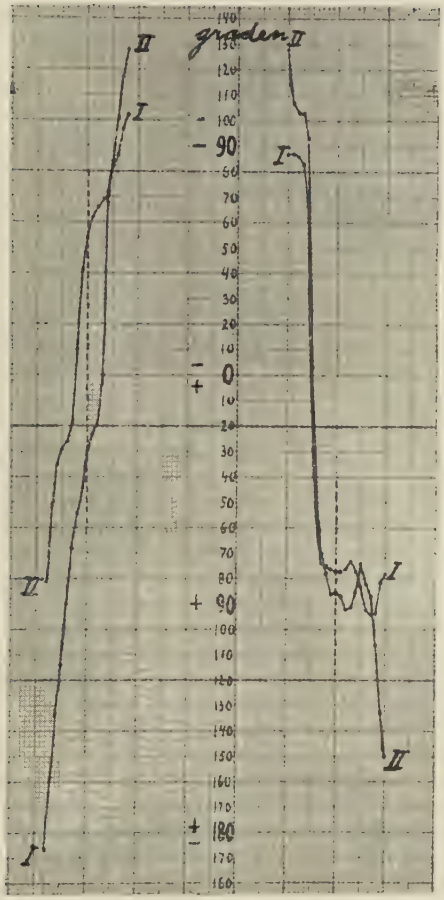
Bij den patiënt met overwicht van den rechter ventrikel maakt het potentiaalverschil een draaibeweging in positieven zin. De totale draaiing bedraagt ongeveer 235°, n.l. van $-130°$ tot $+105°$. Gedurende het voornaamste gedeelte van den hoofdtop der QRS-groep verandert α weinig, op het moment dat het potentiaalverschil zijn grootste manifeste waarde heeft, is $L\,\alpha + 85°$.

De vormen der α-krommen van de QRS-groep van personen, met hypertrophie van de linker en van de rechter kamer, komen merkwaardig overeen met de vormen der α-krommen, welke men bij personen met normale Ekgen aantreft. Men vergelijke fig. 38 met de figuren 26 en 27 en fig. 39 met fig. 25.

Het ligt voor de hand om te veronderstellen, dat ook bij personen met normale Ekgen in den regel één van beide kamers een beslissenden invloed op de richting van het resulteerend potentiaalverschil heeft.

De eerste helft van fig. 40 geeft de α-krommen bij het begin der hartsperiode van proefpersoon *G.* en van patiënt *v. E.*, —

Fig. 40.



Graphische voorstelling van de waarden van *L α* gedurende het begin der hartsperiode van *G.* en patiënt *v. E.* (krommen I en II links in de figuur), van *d. G.* en patiënt *M. H. d. G.* (krommen rechts in de figuur). In beide teekeningen geeft de gestippelde ordinaat het tijdstip aan, waarop het potentiaalverschil zijn grootste manifeste waarde heeft.

Absc. 1 schaaldeel = 0,004 sec.

Ordin. 1 Schaaldeel = 2 graden.

resp. met I en II aangeduid —, weer. Deze werden zoodanig in eenzelfde coördinatensysteem geteekend, dat het oogenblik,

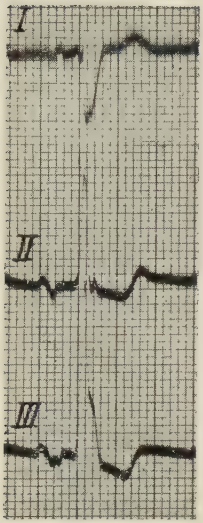
waarop in beide het potentiaalverschil maximaal is, door dezelfde ordinaat, — die in de figuur gestippeld is —, wordt aangegeven. Wij zien beide lijnen tijdens het grootste gedeelte van den duur der QRS-groep evenwijdig loopen. Niet alleen op het moment waarop de spitsen van de hoofdtoppen vallen, maar op alle overeenkomstige oogenblikken vindt men in dit deel der hartsperiode het potentiaalverschil in het hypertrophische hart in negatieven zin gedraaid ten opzichte van het potentiaalverschil in het normale hart.

Een teekening der α-krommen bij het begin der systole van proefpersoon *d.G.* en van patiënt *M. H. de G.* is in de tweede helft van fig. 40 gereproduceerd. Zij werd op dezelfde wijze vervaardigd als de in de eerste helft afgebeelde teekening Wederom is I de kromme van het normale, II die van het hypertrophische hart. Bij *M. H. de G.* zijn de hoeken α als de hoofdtop maximaal is en korten tijd voor en na dit tijdstip iets grooter dan bij *d. G.* Wij zouden zeer waarschijnlijk aanzienlijker verschillen tusschen deze hoeken vinden als wij het normale hart hadden kunnen vergelijken met een hart dat electrocardiographische teekenen van een sterke hypertrophie van de rechter kamer, n.l. een flinke negatieve QRS_I en een groote positieve QRS_{III} vertoont. Dergelijke Ekgen, gelijktijdig bij 3 afleidingen opgenomen, stonden niet te onzer beschikking.

Het maakt den indruk dat een verband bestaat tusschen de grootte van het overwicht van de rechter of van de linker kamer en de waarden die $L\ \alpha$ tijdens het optreden der QRS-groep heeft.

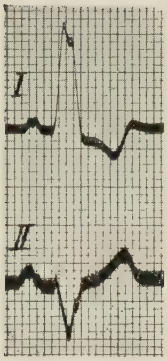
Fig. 41 beeldt de gelijktijdig bij drie afleidingen opgenomen Ekgen van patiënt *v. H.* af, bij wien de voortgeleiding van den prikkel in den linker tak van den atrio-ventriculairen bundel gestoord is. Fig. 42 reproduceert de Ekgen, welke gelijktijdig bij afl. I en afl. II werden geregistreerd bij een patiënt, die een geleidingsstoornis in den rechter tak van den bundel heeft. De figuren 43 en 44 geven hunne α en E-krommen weer, fig. 43 van den patiënt met het dextrogram, fig. 44 van dien met het laevogram. Voor de metingen van het laevogram zijn tienvoudige vergrootingen der in fig. 42 afgebeelde Ekgen

Fig. 41.



Gelijktijdig bij 3 afleidingen opgenomen Ekgen van patiënt *v. H.*
Absc. 1 schaaldeel = 0,04 sec.
Ordin. 1 schaaldeel = 10^{-4} V.

Fig. 42.



Gelijktijdig bij afl. I en II opgenomen Ekgen van patiënt *Kw.*
Absc. 1 schaaldeel = 0.04 sec.
Ordin. 1 schaaldeel = 10^{-4} V.

gebruikt, wij beschikten niet over gelijktijdig bij 3 afleidingen opgenomen krommen. Wij berekenden de grootten die de toppen van afl. III van oogenblik tot oogenblik hebben. Met deze waarden werd het Ekg geteekend en wij hebben ons er van kunnen overtuigen dat dit nauwkeurig met het afzonderlijk bij afl. III geregistreerde overeenstemt.

De *a*- en *E*-krommen zijn van het begin der systole af geteekend, omdat men aan de richting en de manifeste grootte van het potentiaalverschil bij den aanvang dezer atypische kamercontracties zooveel beteekenis hecht.

Het potentiaalverschil draait bij het dextrogram in positieve richting.

Bij het laevogram heeft de draaiing in tegengestelden zin plaats. De potentiaalverschillen bewegen zich als het ware naar elkander toe, op het oogenblik dat in beide kamerelectrogrammen de A-top in den B-top overgaat, hebben zij een

moment dezelfde richting, waarbij $L\,\alpha$ ongeveer —160° is, dan draaien zij van elkander af.

Wij vestigen de aandacht op de richting bij het begin van beide hartscontracties. Bij het dextrogram draait het potentiaalverschil eerst zeer snel van ongeveer —30° tot + 90°, dan gedurende de voornaamste verheffing van den A-top wat langzamer, door eenige kleine draaiingen in negatieven zin onderbroken, tot + 166°. Bij het laevogram neemt $L\,\alpha$ ook aanvankelijk in korten tijd snel toe, van —17° tot —41°, maar zoolang de grootste verheffing van A duurt, verandert hoek α weinig, hij varieert slechts tusschen ongeveer —41° en —54°.

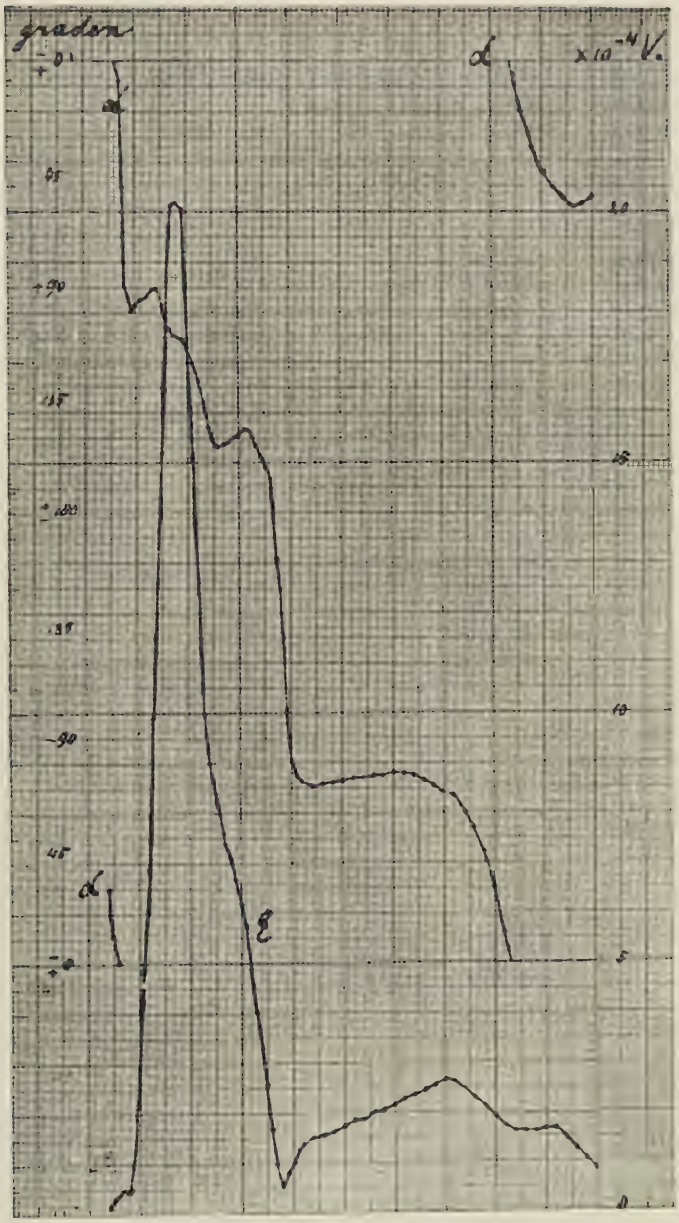
Beschouwen wij nu de krommen die de grootten van het manifeste potentiaalverschil aangeven. In beide wordt 0,056 sec. na het begin der systole de maximumwaarde bereikt, deze is bijzonder groot en in beide ongeveer gelijk, zij bedraagt 19,3 en 20,2 $\times 10^{-4}$ Volt. De eerste toppen van de E-krommen duren vrijwel even lang, — 0,140 en 0,135 seconde —, maar het manifeste potentiaalverschil is bij het dextrogram aanvankelijk, — gedurende 0,016 sec. —, klein, daarna neemt het hier zooveel sneller dan bij het laevogram in grootte toe, dat het bij beide gelijktijdig maximaal is. Bij het laevogram blijft het potentiaalverschil dan langer van bijna maximale grootte.

Kende men van eenzelfden persoon de grootten van α en E bij den aanvang van zijn dextro- en zijn laevogram, dan zou men daarmede kunnen berekenen, welke waarden α en E van oogenblik tot oogenblik bij het begin van zijn normale Ekg hebben. Wilde men een dergelijke berekening uitvoeren, dan zou men misschien kunnen uitgaan van twee atypische kamerelectrogrammen van personen, wier α-krommen der QRS-groep van eenzelfde type zijn.

Fig. 45 beeldt de α- en E-kromme af van de in fig. 29 voorkomende extrasystole van het rechter kamertype.

Tijdens den duur van de eerste phase der diphasische kromme, waaruit het kamerelectrogram bestaat, verandert het resulteerend potentiaalverschil weinig van richting: $L\,\alpha$ schommelt tusschen + 90° en + 67°. Gedurende de tweede phase

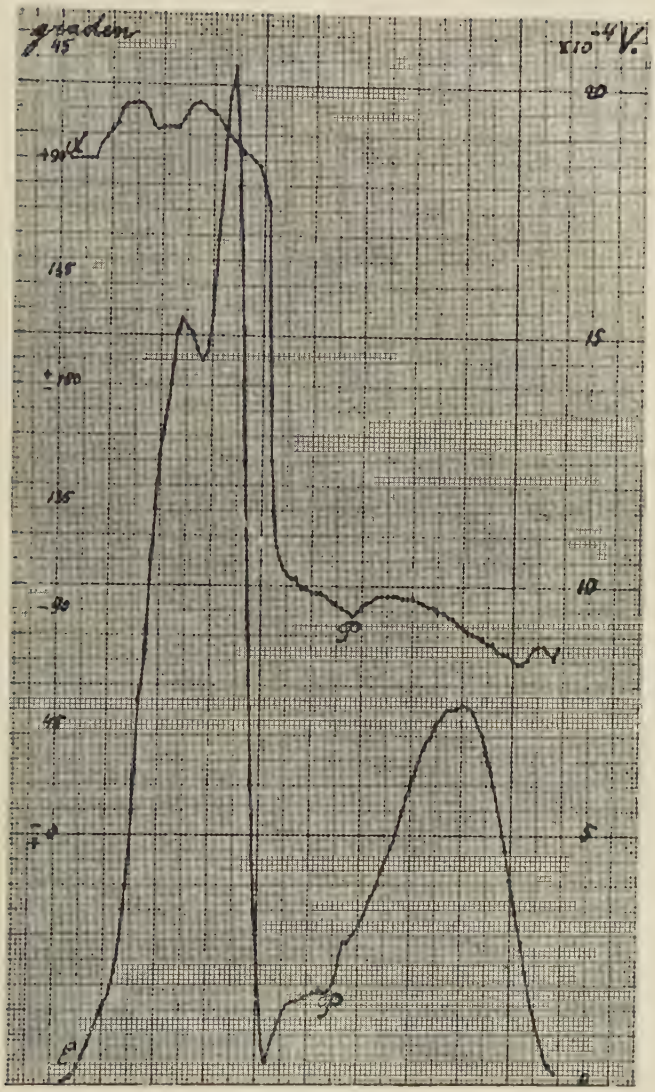
Fig. 43.



Graphische voorstelling van de waarden van $L\ \alpha$ en E gedurende de systole der k
Absc. 1 schaaldeel = 0,00

1 Schaaldeel van de ordinaat komt voor de α-krommen overeen met

Fig. 45.



Graphische voorstelling van de waarden van $L\alpha$ en E gedurende de systole der kamers van G.

Absc. 1 schaaldeel = 0.004 sec.

1 Schaaldeel van de ordinaat komt voor de α-kromme overeen met 2 graden, voor de E-kromme met 10^{-5} V.

blijft het eveneens tamelijk constant gericht, *L* α verandert langzaam van ongeveer — 100° tot — 70°. Een snelle draaiing in positieven zin maakt het bij den overgang van top A naar top B.

De P-top van den normalen sinusrhythmus valt samen met het begin van B. De α-kromme en de *E*-kromme hebben in deze phase een wat onregelmatigen vorm, zij geven hier de richting en de manifeste grootte van de resultante der potentiaalverschillen van de toppen B en P weer.

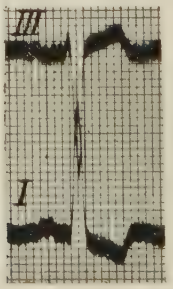
De α-kromme gelijkt op die van het dextrogram. Bij een patiënt met extrasystole's van het linker kamertype verschilden de krommen, die de waarden van *L* α bij het begin dezer hartscontracties voorstellen, zeer van de α-kromme bij den aanvang van het laevogram.

De plaats, waar de extraprikkel op den ventrikel inwerkt, blijkt dus een verschillende te zijn. Treedt de extraprikkel in den rechter of den linker tak van den atrio-ventriculairen bundel op, dan moet de overeenstemming tusschen extrasystole en laevo- of dextrogram volledig zijn.

Ten slotte reproduceeren wij in fig. 46 de bij afl. I en afl. III gelijktijdig opgenomen Ekgen van patiënt *Ks*.

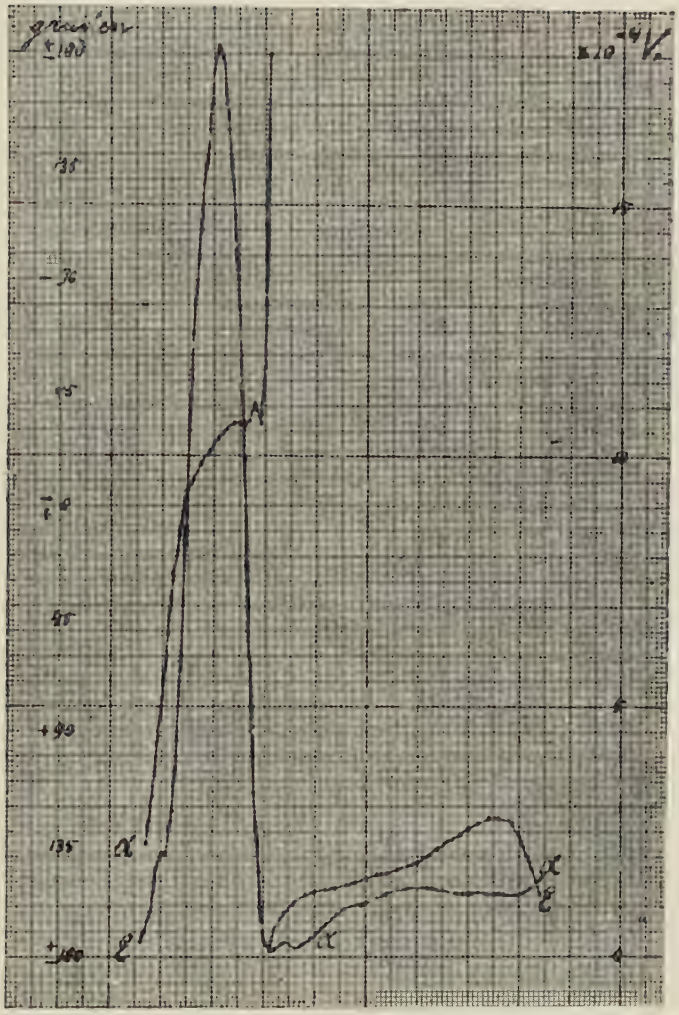
Hebben wij hier een laevogram of het Ekg van een hart met hypertrophie van de linker kamer?

Fig. 46.



Gelijktijdig bij afl. III en I opgenomen Ekgen van patiënt *Ks*.
Absc. 1 schaaldeel = 0,04 sec.
Ordin. 1 schaaldeel = 10^{-4} V.

Fig. 47



Graphische voorstelling van de waarden van $L\,\alpha$ en E gedurende de systole der kamers van patiënt *Ks*.

Absc. 1 schaaldeel = 0,004 sec.

1 Schaaldeel van de ordinaat komt voor de α-kromme overeen met 2 graden, voor de E-kromme met 10^{-5} V.

Fig. 47, die de krommen afbeeldt, welke de waarden van $L\,\alpha$ en E voorstellen, geeft antwoord op deze vraag. Zij laat zien dat het potentiaalverschil gedurende den eersten top snel, beginnend bij ongeveer $+ 136°$, een grooten hoek in negatieven zin draait. De α-kromme gelijkt dus veel meer op die welke in fig. 38 van een hart met hypertrophie van de linker kamer is afgebeeld, dan op de in fig. 44 weergegeven α-kromme van het laevogram.

Wij meenen dan ook, dat patiënt *Ks.* een hypertrophischen linker ventrikel heeft.

HOOFDSTUK V.

Samenvatting.

Wij gaven een methode aan om Röntgenphoto's van het hart in een bepaalde phase van de hartsperiode en van de adembeweging te maken. Het snaarbeeld van een electrocardiograaf diende als tijdwijzer voor de inschakeling der Röntgenbuis en gaf de frequentie van den hartslag aan, de bewegingen van een spirometer, waarin de proefpersoon ademde, lichtten ons in over de phase der adembeweging.

Photo's van het hart bij systole en bij diastole, maar bij dezelfde phase der adembeweging genomen, leeren dat de verplaatsingen van den kamerwand bij de hartscontractie slechts enkele millimeters bedragen.

Röntgenogrammen, die zoowel bij in- als bij uitademing zijn vervaardigd van het hart in een phase der contractie, waarin de kamermusculatuur haar grootste hardheid bezit, geven een duidelijken indruk van de veranderingen der hartschaduw tengevolge van de adembewegingen. Het blijkt, dat de begrenzingslijn der linker kamerschaduw denzelfden vorm behoudt. Men kan, zich oriënteerend aan den schaduwrand van deze kamer, de draaiing meten die de kamers tengevolge van de uitademingsbeweging om een sagittale as schijnen te maken.

Deze meting hebben wij bij eenige proefpersonen uitgevoerd; de gevonden hoeken stemmen overeen met de hoeken, welke het potentiaalverschil, dat de hoofdtop der QRS-groep veroorzaakt, bij gelijk groote adembewegingen in het frontale vlak draait.

Bij één proefpersoon, bij wien de beweging der kamers zeer

groot was, wijzen zoowel de uitkomsten van het Röntgenphotographisch als die van het electrocardiographisch onderzoek er op, dat zijn kamers een draaibeweging om een as ondergaan, die niet precies sagittaal gericht kan zijn.

Het is waarschijnlijk, dat ook bij de overige proefpersonen de kamerdraaiing niet om een zuiver sagittaal loopende as plaats heeft.

Voor het bepalen van de richting en de manifeste grootte van het potentiaalverschil werden de Ekgen gelijktijdig bij 3 afleidingen geregistreerd.

De uitkomsten onzer proeven zijn in overeenstemming met de vroeger gegeven verklaring van de veranderingen, die de hoofdtop der QRS-groep in de drie afleidingen bij de diepe ademhaling ondergaat, n.l. dat zij een gevolg zijn van de veranderingen in den stand der kamers.

Door de richting en de manifeste grootte van het resulteerend potentiaalverschil van oogenblik tot oogenblik te bepalen en de gevonden waarden graphisch voor te stellen, kregen wij een duidelijk overzicht van de grootten van $L\alpha$ en E bij de hartsperiode.

Het blijkt dan, dat bij personen met normale Ekgen in hoofdzaak twee typen van krommen, die de waarden van $L\alpha$ bij de QRS-groep voorstellen, gevonden worden. Deze typen onderscheiden zich voornamelijk van elkander door de richting in welke het potentiaalverschil draait en door het meer of minder constant blijven van $L\alpha$ gedurende den hoofdtop.

Bij hypertrophie van den linker ventrikel gelijkt de α-kromme van de QRS-groep op het type, waar het potentiaalverschil in negatieven zin draait, bij een hart met hypertrophische rechter kamer toont de α-kromme overeenkomst met het type, waar de draaiing in positieve richting geschiedt.

Bijzondere vormen van α-krommen vindt men wanneer de contractie tengevolge van een geleidingsstoornis in één der

takken van den atrio-ventriculairen bundel, slechts in één der kamers op normale wijze aanvangt.

De α-krommen, die bij kamerextrasystole's voorkomen, zijn verschillend, afhankelijk van de plaats waar de extraprikkel op de kamerspier inwerkt. Soms gelijken zij op de krommen, die men bij het dextro- of het laevogram vindt.

Zoowel in normale als in pathologische gevallen zijn de veranderingen van de richting van het potentiaalverschil gedurende den T-top onbelangrijk. Maar bij pathologische harten heeft $L\ \alpha$ dikwijls andere waarden dan bij normale. Bij de laatste varieert $L\ \alpha$ tusschen 0 en $+ 90°$.

Wij vinden de draaiing van top T bij de diepe ademhaling steeds grooter dan die van den hoofdtop der QRS-groep, ondanks de omstandigheid, dat de daarbij voorkomende vagustonusveranderingen in den regel zoodanig zijn, dat wij de draaiing van T kleiner zouden verwachten.

De P-top draait bij de uitademing in dezelfde richting als de QRS-groep en de T-top.

TABEL voor de berekening van de richting α en de manifeste grootte E van het potentiaalverschil in het hart.

Kleinste waarde van ± e	E_{10}	De hoeken α in graden. De grootste waarde van e is gelijk gesteld aan ± 10, terwijl de Romeinsche cijfers de afleidingen aangeven, waarbij e de kleinste waarde heeft.											
		$e_1 = 10$		$e_1 = -10$		$e_2 = 10$		$e_2 = -10$		$e_3 = 10$		$e_3 = -10$	
		II	III	II	III	I	III	I	III	I	II	I	II
0	1,15	−30	30	150	−150	90	30	−90	−150	90	150	−90	−30
0,20	1,14	−29	29	151	−151	89	31	−91	−149	91	149	−89	−31
0,40	1,13	−28	28	152	−152	88	32	−92	−148	92	148	−88	−32
0,59	1,12	−27	27	153	−153	87	33	−93	−147	93	147	−87	−33
0,78	1,11	−26	26	154	−154	86	34	−94	−146	94	146	−86	−34
0,96	1,10	−25	25	155	−155	85	35	−95	−145	95	145	−85	−35
1,14	1,09	−24	24	156	−156	84	36	−96	−144	96	144	−84	−36
1,32	1,09	−23	23	157	−157	83	37	−97	−143	97	143	−83	−37
1,50	1,08	−22	22	158	−158	82	38	−98	−142	98	142	−82	−38
1,68	1,07	−21	21	159	−159	81	39	−99	−141	99	141	−81	−39
1,85	1,06	−20	20	160	−160	80	40	−100	−140	100	140	−80	−40
2,02	1,06	−19	19	161	−161	79	41	−101	−139	101	139	−79	−41
2,19	1,05	−18	18	162	−162	78	42	−102	−138	102	138	−78	−42
2,35	1,05	−17	17	163	−163	77	43	−103	−137	103	137	−77	−43
2,52	1,04	−16	16	164	−164	76	44	−104	−136	104	136	−76	−44
2,68	1,04	−15	15	165	−165	75	45	−105	−135	105	135	−75	−45
2,84	1,03	−14	14	166	−166	74	46	−106	−134	106	134	−74	−46
3,00	1,03	−13	13	167	−167	73	47	−107	−133	107	133	−73	−47
3,16	1,02	−12	12	168	−168	72	48	−108	−132	108	132	−72	−48
3,32	1,02	−11	11	169	−169	71	49	−109	−131	109	131	−71	−49
3,47	1,02	−10	10	170	−170	70	50	−110	−130	110	130	−70	−50
3,63	1,01	−9	9	171	−171	69	51	−111	−129	111	129	−69	−51
3,78	1,01	−8	8	172	−172	68	52	−112	−128	112	128	−68	−52
3,94	1,01	−7	7	173	−173	67	53	−113	−127	113	127	−67	−53
4,09	1,01	−6	6	174	−174	66	54	−114	−126	114	126	−66	−54
4,24	1,00	−5	5	175	−175	65	55	−115	−125	115	125	−65	−55
4,39	1,00	−4	4	176	−176	64	56	−116	−124	116	124	−64	−56
4,55	1,00	−3	3	177	−177	63	57	−117	−123	117	123	−63	−57
4,70	1,00	−2	2	178	−178	62	58	−118	−122	118	122	−62	−58
4,85	1,00	−1	1	179	−179	61	59	−119	−121	119	121	−61	−59
5,00	1,00	−0	0	180	−180	60	60	−120	−120	120	120	−60	−60

GEBRUIKSAANWIJZING.

Men gaat van de bij drie afleidingen geregistreerde potentiaalverschillen uit, vermenigvuldigt de kleinste waarde met 10 en deelt het product door de grootste waarde. Het gevonden quotient vergelijkt men met de getallen der eerste vertikale kolom van de tabel. Het getal dat het dichtst bij het quotient komt, geeft de horizontale rij aan, waarin men den gezochten hoek α vindt. De vertikale kolom is door de combinatie van twee afleidingen — die met het grootste en die met het kleinste potentiaalverschil — aangeduid.

Men vindt de manifeste grootte E, wanneer men de grootste geregistreerde waarde met het onder E_{10} vermelde getal vermenigvuldigt.